

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年6月19日 (19.06.2003)

PCT

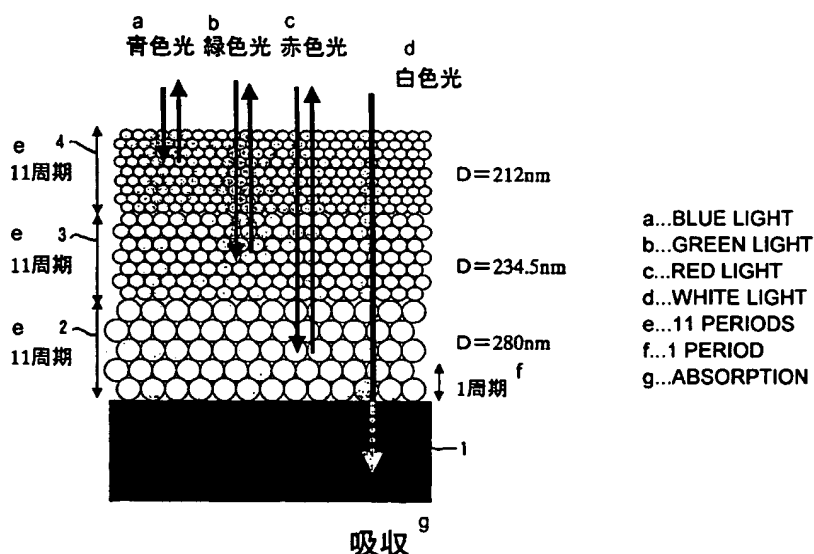
(10) 国際公開番号  
WO 03/050612 A1

- (51) 国際特許分類: G03B 21/56
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/02897
- (22) 国際出願日: 2002年3月26日 (26.03.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2001-380670  
2001年12月13日 (13.12.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 戸田 淳 (TODA, Atsushi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- 黒木 義彦 (KUROKI, Yoshihiko) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 大西 通博 (OHNISHI, Michihiro) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 赤尾 裕隆 (AKAO, Hirofuka) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 石本 光 (ISHIMOTO, Ko) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 杉浦 正知, 外 (SUGIURA, Masatomo et al.); 〒171-0022 東京都豊島区南池袋2丁目49番7号 池袋パークビル7階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,

[続葉有]

(54) Title: SCREEN AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME AND IMAGE DISPLAY SYSTEM

(54) 発明の名称: スクリーンおよびその製造方法ならびに画像表示システム



(57) Abstract: A projection screen constituted by forming a fine particle layer for reflecting red color, a fine particle layer for reflecting green color, and a fine particle layer for reflecting blue color sequentially, in layer, on a substrate. In each fine particle layer, fine particles are laid regularly by 11 periods in tightest structure, for example. The fine particle for reflecting red color has diameter of about 280 nm, the fine particle for reflecting green color has diameter of about 235 nm, and the fine particle for reflecting blue color has diameter of about 212 nm. Each fine particle layer is deposited by a self-organizing technology. Such a substrate as can absorb light other than three primary colors of red, green and blue is employed.

[続葉有]



WO 03/050612 A1



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA,  
ZM, ZW.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

基板上に赤色反射用の微粒子層、緑色反射用の微粒子層および青色反射用の微粒子層を順番に積層して投射用のスクリーンを構成する。各微粒子層においては微粒子を規則配列、たとえば最密構造で11周期積層する。赤色反射用の微粒子の直径は約280nm、緑色反射用の微粒子の直径は約235nm、青色反射用の微粒子の直径は約212nmとする。各微粒子層は自己組織化技術により堆積させる。基板としては、赤、緑、青の三原色以外の波長の光を吸収可能なものを用いる。

## 明 細 書

スクリーンおよびその製造方法ならびに画像表示システム

## 5 技術分野

この発明は、スクリーンおよびその製造方法ならびに画像表示システムに関し、各種の画像の投射に用いて好適なものである。

## 背景技術

10 従来、投射用のスクリーンは、可視波長領域のほとんどの光を散乱または反射することができる白地のスクリーンが基本である。この場合、画像に関係のない外部の光がスクリーンに入射したときにも同様に散乱または反射されてしまうので、画像のコントラストが劣化してしまう。このため、暗室で投射する方法が一般的である。

15 しかしながら、暗室で投射しても、外部からの漏れ光や暗室内部の画像と無関係な光があると、画像のコントラストが劣化するとともに、黒が沈まないことになる。

また、C R Tや液晶ディスプレイなどの一般に普及しているディスプレイにおいては、各三原色光のスペクトル半値幅（F W H M）が広く、色度図上の色再現範囲が狭い上に、純粋な色を表現しにくい。更に、液晶またはC R Tプロジェクター型ディスプレイにおいても、スクリーンから散乱または反射される画像を形成する光は同様にスペクトルの半値幅が広く、色度図上の色再現性が狭い上に、純粋な色を表現しにくい。

25 したがって、この発明が解決しようとする課題は、外部から画像に関係ない光が入射したときでも画像のコントラストが劣化することが

なく、黒の沈んだ綺麗な画像を得ることができるスクリーンおよびその製造方法ならびにこのスクリーンを用いた画像表示システムを提供することにある。

5 この発明が解決しようとする他の課題は、必ずしも暗室で投射する必要がなく、たとえば通常の蛍光灯の下や屋外でも画像のコントラストが劣化しないスクリーンおよびその製造方法ならびにこのスクリーンを用いた画像表示システムを提供することにある。

10 この発明が解決しようとする更に他の課題は、半導体レーザや発光ダイオード（LED）などの発光スペクトルの半値幅が狭くて色純度の良い光を投射することで画像を形成する場合に、効率良く選択的に画像の光だけを反射して他の波長の光をカットすることで高コントラストを維持することができるとともに、黒を沈ませることができるスクリーンおよびその製造方法ならびにこのスクリーンを用いた画像表示システムを提供することにある。

15 この発明が解決しようとする更に他の課題は、たとえ液晶プロジェクターなどのディスプレイの各三原色のスペクトル半値幅が広い光を投射しても、色度図上の色再現範囲を広くすることができるとともに、純粋な色を表現することができるスクリーンおよびその製造方法ならびにこのスクリーンを用いた画像表示システムを提供することにある。

20

#### 発明の開示

上記課題を解決するために、この発明の第1の発明は、

大きさが1  $\mu\text{m}$ 以下の微粒子を規則的に配列した構造を有することを特徴とするスクリーンである。

25 この発明の第2の発明は、

フォトリソグラフィを用いて特定の波長の光を反射するように構成さ

れていることを特徴とするスクリーンである。

ここで、フォトリソグラフィ結晶とは、屈折率（誘電率）が互いに大きく異なる透明な媒質（たとえば、二種類の透明媒質）を光の波長程度の周期、たとえば数百～1000数百nmの周期で規則正しく配置した人工結晶であり、周期構造を持つ次元数に応じて、一次元フォトリソグラフィ結晶、二次元フォトリソグラフィ結晶、三次元フォトリソグラフィ結晶と呼ばれる。このフォトリソグラフィ結晶は、周期構造を有し、光を反射する機能を有する点で、上記の微粒子の規則配列構造と同等である。言い換えれば、微粒子の規則配列構造はフォトリソグラフィ結晶の一種と考えることができる。

この発明の第3の発明は、

誘電体多層膜を用いて特定の波長の光を反射するように構成されていることを特徴とするスクリーンである。

ここで、誘電体多層膜は、一次元フォトリソグラフィ結晶と考えることができる。

この発明の第4の発明は、

大きさが1μm以下の微粒子を規則的に配列した構造を有するスクリーンの製造方法であって、

微粒子を自己組織化により配列するようにした

ことを特徴とするスクリーンの製造方法である。

ここで、自己組織化とは、一般的には、外界の情報構造に合わせて自律的に自己を組織化することを言うが、ここでは、微粒子を堆積させる系（たとえば、液相）において、その系を特徴付けるパラメータに応じて自律的に微粒子が堆積して規則的に配列することを言う。

この自己組織化による微粒子の堆積は、典型的には、次のようにして行われる。

すなわち、この発明の第 5 の発明は、

大きさが  $1\ \mu\text{m}$  以下の微粒子を規則的に配列した構造を有するスクリーンの製造方法であって、

2 重量%以上の微粒子溶液中に基板を浸漬する第 1 の工程と、

5 基板を気相中に  $30\ \mu\text{m}/\text{s}$  以上の速度で引き上げることによりその表面を微粒子溶液で濡らす第 2 の工程と、

微粒子溶液で濡れた基板を気相中で乾燥させる第 3 の工程とを有する

ことを特徴とするものである。

10 ここで、最も好適には、微粒子の規則配列構造、すなわち微粒子層について、必要な光学特性が得られるまで、あるいは必要な厚さが得られるまで、第 1 の工程から第 3 の工程を繰り返す。また、第 1 の工程から第 3 の工程を 1 回だけ行っただけでは、基板面内で微粒子層の厚さの均一性を得ることができないことが多いことから、好適には、

15 基板の浸漬前、浸漬中（引き上げ前）または引き上げ直後のいずれかの時に基板をその面内で回転させることにより基板の向きを変える。この場合、基板の乾燥後に基板面内の微粒子層の厚さを調べ、それに合わせて基板の向きを制御しても良い。また、微粒子溶液の濃度は、通常は 2 重量%以上であれば微粒子層の形成を支障なく行うことができるが、微粒子層を効率的に堆積させる観点からはより高くするのが好ましく、一方、微粒子の材料にもよるが、50 重量%より高くなると良好な微粒子層の形成に支障が生じるため、50 重量%以下とするのが好ましい。更に、基板の引き上げ速度は、通常は  $30\ \mu\text{m}/\text{s}$  以上であれば微粒子層の付着を支障なく行うことができるが、引き上げ

20 速度が速いと付着する微粒子層の厚さが増加する傾向があるため、微粒子層を効率的に堆積させる観点からはより速くするのが好ましく、

25

これには基本的には上限が存在しないと考えられるが、実用的な観点からは、一般的にはたとえば  $3 \text{ m/s}$  以下である。

この発明の第 6 の発明は、

5      フォトニック結晶を用いて特定の波長の光を反射するように構成されているスクリーンと、

特定の波長の光を発光する半導体発光素子からなる投射用光源とを有することを特徴とする画像表示システムである。

この発明の第 7 の発明は、

10      大きさが  $1 \mu\text{m}$  以下の微粒子を規則的に配列した構造を有するスクリーンと、

微粒子の大きさおよび配列により決まる特定の波長の光を発光する半導体発光素子からなる投射用光源とを有することを特徴とする画像表示システムである。

この発明の第 8 の発明は、

15      誘電体多層膜を用いて特定の波長の光を反射するように構成されているスクリーンと、

特定の波長の光を発光する半導体発光素子からなる投射用光源とを有することを特徴とする画像表示システムである。

20      この発明において、スクリーンに用いる微粒子の大きさを  $1 \mu\text{m}$  以下としたのは、微粒子の大きさとこの微粒子により反射される光の波長とはほぼ比例関係にあるところ、画像形成に寄与する可視光を反射するためには、微粒子の大きさを少なくとも  $1 \mu\text{m}$  以下とする必要があるためである。特に、微粒子が最密構造で配列している場合、三原色の光を反射するためには、この微粒子の大きさは、典型的には約  $150 \text{ nm}$  以上約  $320 \text{ nm}$  以下である。

25      スクリーンに用いる微粒子は、規則配列構造を形成することができ

れば、基本的にはどのような方法により堆積させても良いが、典型的には、自己組織化技術を用いて容易に堆積させることができる。この微粒子は、典型的には、最密構造に配列される。ここで、最密構造とは、微粒子が面心立方格子を形成するように配列した立方最密構造または微粒子が六方最密格子を形成するように配列した六方最密構造である。

典型的には、赤、緑および青の三原色に対応した波長の光を同時に反射することができるようにするために、微粒子の直径またはフォトリソニック結晶または誘電体多層膜の周期は3種類存在する構造とする。

10 微粒子としては種々のものを用いることが可能であり、必要に応じて選ぶことができるが、好適には、シリカまたはシリカと同じ屈折率を持つ微粒子が用いられる。ここで、シリカの屈折率は、形成時の条件などにもよるが、一般には1.36～1.47の範囲にある。この場合、典型的には、微粒子の材料によらず、微粒子の屈折率を $n$ とすると、赤色反射用として $269 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以上 $314 \times$

15  $(1.36/n) \text{ nm}$ 以下の直径の微粒子、緑色反射用として $224 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以上 $251 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以下の直径の微粒子、青色反射用として $202 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以上 $224 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以下の直径の微粒子が用いられ、より典型的には、赤色反射用として $278 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以上 $305 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以下の直径の微粒子、緑色反射用として $224 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以上 $237 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以下の直径の微粒子、青色反射用として $208 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以上 $217 \times (1.36/n) \text{ nm}$ 以下の直径の微粒子が用いられる。

20

25 ただし、これらの赤色反射用の微粒子、緑色反射用の微粒子および青色反射用の微粒子は、必要に応じて、互いに異なる材料のものを用い



ても良い。赤、緑および青の三原色に対応した波長の光を同時に反射  
することができるようにするためには、基板上に、縦方向に赤色反射  
用、緑色反射用および青色反射用のフォトニック結晶または微粒子層  
を積層する。これらのフォトニック結晶または微粒子層の積層順序は  
5 基本的には任意であるが、たとえば、基板上に赤色反射用、緑色反射  
用および青色反射用のフォトニック結晶または微粒子層を順番に積層  
したり、これと積層順序を逆にしたりすることができる。前者の場合  
にはレイリー散乱による影響を最小限に抑えることができる点で有利  
であり、後者の場合は特に微粒子層の結晶性を良好にすることができ  
10 る点で有利である。この場合、各色用のフォトニック結晶または微粒  
子層の積層周期は、波長の選択性を高めるために、好適には8以上1  
5以下とする。

赤色反射用、緑色反射用および青色反射用のフォトニック結晶また  
は微粒子層は基板上に横方向に配列しても良く、この場合も、各色用  
15 のフォトニック結晶または微粒子層の積層周期は波長の選択性を高め  
るために好適には8以上15以下とする。ここで、これらの赤色反射  
用、緑色反射用および青色反射用の微粒子層は、たとえば、ストライ  
プ状、長方形または正方形の形状を有し、これらの微粒子層が基板上  
に所定の配列パターンで配列される。また、これらの赤色反射用、緑  
20 色反射用および青色反射用のフォトニック結晶または微粒子層の配列  
順序は、基本的には任意である。

フォトニック結晶または微粒子層または誘電体多層膜を通して抜け  
出る、赤、緑および青の三原色以外の波長の可視光を吸収するために、  
スクリーンは、好適にはその可視光の吸収が可能な層またはバルク基  
25 板を有する。最も好適には、この層またはバルク基板は、すべての波  
長域の可視光を吸収するものである。この可視光を吸収する層または

バルク基板は、好適には、フォトニック結晶または微粒子または誘電体多層膜の下（スクリーンの観察方向から見てそれらの裏側）に設けられる。基板として、透明基板の裏面に可視光を吸収する層を設けたものを用いても良い。基板の材料としては、種々のものを用いることができ、具体的には、たとえば、カーボンその他の無機材料や、ポリエチレンテレフタレート（PET）その他の高分子材料あるいは樹脂材料のような有機材料、更には無機材料と有機材料との複合材料を用いることができる。基板上に液相で微粒子層またはフォトニック結晶を形成する場合、基板の種類によっては必ずしも濡れ性が十分でない場合もあるので、そのような場合には、好適には、微粒子層またはフォトニック結晶を形成する前に、基板表面の濡れ性を向上させる処理が施される。具体的には、たとえば、基板表面に粗面化処理を施して凹凸を形成したり、 $\text{SiO}_2$  膜その他の膜で表面をコーティングしたり、薬液で表面を処理したりする。更に、特に基板上に微粒子層を液相で堆積させる場合には、濡れ性を向上させるために、好適には、基板上にあらかじめ微粒子からなるバッファ層を形成する。このバッファ層としての微粒子層の微粒子の直径は、上記の青色反射用の微粒子の直径、すなわち  $208 \times (1.36/n) \text{ nm}$  以上  $217 \times (1.36/n) \text{ nm}$  以下の直径より小さく選ばれ、具体的には、 $208 \times (1.36/n) \text{ nm}$  より小さく選ばれる。基板の厚さは、基板材料にもよるが、一般的には  $20 \mu\text{m}$  以上あればスクリーンの強度として十分なものが得られ、破れにくいという利点を得られ、一方、 $500 \mu\text{m}$  以下であるとスクリーンのフレキシビリティが高くなり、巻き取りや運搬時などの取り扱いが便利になるという利点がある。スクリーンに誘電体多層膜を用いる場合、その周期構造は、波長選択性を高めるために、好適には 10 周期以上とする。

回折効果により反射光を広げるためには、好適には、フォトニック結晶または微粒子の集合体の横方向の大きさを2周期より小さくする。あるいは、斜めの面とそれとは異なる角度を持つ面とを併せ持つフォトニック結晶または微粒子の集合体または誘電体多層膜を用いる。

- 5 この場合、好適には、斜めの面の角度 $\theta$ は $70^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の範囲とする。あるいは、フォトニック結晶または微粒子の集合体または誘電体多層膜に曲面を持たせる。更には、フォトニック結晶または微粒子の集合体または誘電体多層膜の結晶軸を光の入射方向に対して $77.4^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ の範囲の角度 $\alpha$ 傾けるようにしても良い。また、スクリーンで反射される光の指向性を緩和する観点より、フォトニック結晶または微粒子の集合体または誘電体多層膜にうねりを持たせても良い。更に、上記の基板表面への凹凸の形成は、この光の指向性の緩和にも資するものである。

- 15 フォトニック結晶または微粒子層または誘電体多層膜上には、スクリーンで反射される光の指向性を緩和するとともに、スクリーン全体に均一な輝度を持たせる観点より、好適には、光拡散媒体がコーティングその他の手法により設けられる。光拡散媒体は、具体的には、高分子物質などにより形成された拡散フィルム、マイクロレンズフィルム、マイクロプリズムフィルムなどである。スクリーンの機械的強度の向上の観点からは、微粒子の間の隙間が高分子物質などからなる結合剤（バインダー）により埋められる。この場合、微粒子を空洞としても良い。

- この発明の第9の発明は、  
特定の波長の電磁波を反射する規則的に配列された微粒子を有する  
25 ことを特徴とするスクリーンである。

この発明の第10の発明は、

第 1 の波長の電磁波を反射する規則的に配列された第 1 の微粒子と、  
第 1 の波長と異なる第 2 の波長の電磁波を反射する規則的に配列された第 2 の微粒子とを有し、

第 1 の微粒子の直径と第 2 の微粒子の直径とが互いに異なることを  
5 特徴とするスクリーンである。

この発明の第 9 および第 10 の発明において、電磁波は、典型的には可視光であり、この場合、その性質に反しない限り、この発明の第 1 ～第 8 の発明に関連して述べたことが成立し得る。

上述のように構成されたこの発明によれば、フォトニック結晶あるいは微粒子あるいは誘電体多層膜により、特定の波長の光だけを選択的に反射することができ、更には、吸収層などを用いることによりその他の波長の光を吸収することもできる。

また、自己組織化により微粒子を規則的に配置することにより、所望の微粒子層を容易に形成することができる。

15

#### 図面の簡単な説明

第 1 図 A ～第 2 図 B は、この発明によるスクリーンの原理を説明するための略線図、第 3 図および第 4 図は、多層膜の反射スペクトルを示す略線図、第 5 図は、規則的に配列された微粒子の反射スペクトル  
20 を示す略線図、第 6 図 A ～第 6 図 C は、最密構造を説明するための略線図、第 7 図は、規則的に配列された微粒子の散乱光のスペクトルを示す略線図、第 8 図は、特定の波長の光が反射される理由を説明するための略線図、第 9 図 A ～第 10 図は、微粒子の光場の計算に用いたモデルを示す略線図、第 11 図 A ～第 31 図 B は、微粒子の光場の計算結果を示す略線図、第 32 図は、緑色反射に対する微粒子の光場の  
25 計算に用いたモデルを示す略線図、第 33 図 A ～第 39 図 B は、緑色

反射に対する微粒子の光場の計算結果を示す略線図、第 40 図は、青色反射に対する微粒子の光場の計算に用いたモデルを示す略線図、第 41 図 A～第 47 図 B は、青色反射に対する微粒子の光場の計算結果を示す略線図、第 48 図は、シリカ微粒子の直径とブラッグ反射が起こる波長との関係を示す略線図、第 49 図は、三原色反射に対する微粒子の光場の計算に用いたモデルを示す略線図、第 50 図 A～第 54 図 B は、三原色反射に対する微粒子の光場の計算結果を示す略線図、第 55 図は、この発明の第 1 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 56 図は、この発明の第 1 の実施形態によるスクリーンの製造方法の一例を説明するための略線図、第 57 図 A～第 60 図 D は、この発明の第 1 の実施形態によるスクリーンの製造方法のより具体的な例を説明するための略線図、第 61 図は、回折により光が広がる様子を示す略線図、第 62 図 A～第 65 図 C は、微粒子の光場の計算結果を示す略線図、第 66 図および第 67 図は、屈折により光が広がる様子を示す略線図、第 68 図は、微粒子の光場の計算に用いたモデルを示す略線図、第 69 図 A～第 75 図 B は、微粒子の光場の計算結果を示す略線図、第 76 図は、反射光の広がりを遠視野像の広がりとして示す略線図、第 77 図 A および第 77 図 B は、結晶軸を傾けた効果を説明するための略線図、第 78 図は、逆格子空間を示す略線図、第 79 図は、結晶軸の傾きとブラッグ条件を満たす波長との関係を示す略線図、第 80 図は、指向性を緩和する構造の一例を示す略線図、第 81 図は、逆格子空間を示す略線図、第 82 図および第 83 図は、誘電体多層膜の反射スペクトルを示す略線図、第 84 図～第 87 図は、LCD プロジェクターから出射した光のスペクトルの測定結果を示す略線図、第 88 図～第 91 図は、DLP プロジェクターから出射した光のスペクトルの測定結果を示す略線図、第 92 図は、色度図を示す略

線図、第 9 3 図は、この発明の第 2 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 9 4 図は、この発明の第 3 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 9 5 図は、この発明の第 4 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 9 6 図は、この発明の第 5 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 9 7 図 A ～ 第 9 7 図 C は、この発明の第 5 の実施形態によるスクリーンにおける三原色反射用の微粒子層の平面的な配列パターンの例を示す平面図、第 9 8 図は、この発明の第 6 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 9 9 図は、この発明の第 7 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 1 0 0 図は、この発明の第 8 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 1 0 1 図は、この発明の第 9 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 1 0 2 図は、この発明の第 1 0 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 1 0 3 図は、この発明の第 1 1 の実施形態によるスクリーンを示す断面図、第 1 0 4 図および第 1 0 5 図は、この発明の第 1 2 の実施形態による画像表示システムを示す略線図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、この発明の実施形態について説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

第 1 図 A および第 1 図 B に示すように、反射板と光吸収層との組み合わせにより特定の波長の光だけを反射して他の波長の光を吸収することで、黒を沈ませるスクリーンを実現することができる。ここで、第 1 図 A に示すものは波長の選択性が高いという特徴があり、第 1 図 B に示すものは構造が簡単であるという特徴がある。

特定の波長の光だけを反射するための構造の具体例を第 2 図 A および第 2 図 B に示す。第 2 図 A に示す構造は、基板上に、大きさがあら

はじめ最適化された微粒子を規則的に配列したもので、ブラッグ条件  
( $\lambda = 2 n \Lambda / m$ 、 $\lambda$  : 入射光の波長、 $n$  : モード屈折率、 $\Lambda$  : 構造  
の周期、 $m$  : 次数) を満たす波長の光のみが選択的に反射される。第  
2 図 B に示す構造は、基板上に、屈折率が  $n_1$  の膜と  $n_2$  ( $\neq n_1$ )  
5 の膜とを交互に積層して多層膜を形成したもので、干渉効果により特  
定の波長の光のみが選択的に反射される。

まず、多層膜の反射スペクトルを有効フレネル係数法で見積もった  
結果を説明する。この多層膜は、互いに屈折率が異なる二種類の誘電  
体膜をそれらの屈折率  $n$  に対して  $m \lambda_0 / 4 n$  の厚さで交互に積層し  
10 たものである。ただし、 $m$  は一般には 1 以上の整数であるがここでは  
1 とし、 $\lambda_0$  は特定の光の波長である。結果を第 3 図に示す。ここで  
は、一方の誘電体膜の屈折率を  $n = 1.2$ 、他方の誘電体膜の屈折率  
を  $n = 1.8$  とし、 $\lambda_0 = 520 \text{ nm}$  として計算を行っている。この  
結果から、多層膜の周期を 1 から 5 まで増加させることで、反射率が  
15 増加し、5 周期で 90% 以上の反射率が得られるのが判る。一方で、  
そのピークの半値幅が  $\sim 200 \text{ nm}$  と広いことも判る。

次に、5 周期の条件で 3 原色の波長  $\lambda_0 = 490 \text{ nm}$  (青色)、 $\lambda_0$   
 $= 520 \text{ nm}$  (緑色)、 $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$  (赤色) について計算した  
結果を第 4 図に示す。この結果から、3 原色のいずれの波長の場合で  
20 もピークの半値幅が広いためにピーク同士が重なり合うが、ある程度  
特定の波長の光だけを反射することができることが判る。

一方、形成方法は後に詳細に説明するが、自己組織化により最密構  
造で規則的に配列されたシリカ微粒子 (直径  $D = 280 \text{ nm}$ ) につい  
て反射スペクトルを測定した結果を第 5 図に示す。ただし、この測定  
25 では、白色光を微粒子層に垂直に入射して垂直に反射した光を測定し  
ている。走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察から、微粒子は自己

組織化により、第6図A、第6図Bおよび第6図Cに示されるような面心立方格子か、あるいは最密六方格子の最密構造になっていると考えられる。第5図より、波長625nm付近にピークが見られるのが判る。更に、その最大反射率は～54%と比較的高く、ピークの半値幅は～30nmと狭いことが判る。この反射は規則的に配列した微粒子によるブラッグ反射である。このように可視光の波長オーダーと同じ大きさ（＜1μm）の周期構造体により、このようなブラッグ反射が生じる。

上述のブラッグ反射についてより詳細に説明する。

- 10 最密構造には、第6図Aに示すように、A、B、Cの三つの配列パターンが存在するが、面心立方格子の場合には、第6図Bに示すように、A B C A B C・・・の順番に積み上がることになる。このとき微粒子の直径を $D = 280 \text{ nm}$ とすると、その周期は $\Lambda = 727.5 \text{ nm}$ となる。これに対して、六方最密格子の場合には、第6図Cに示すように、A B A B・・・の順番に積み上がるので、その周期は $\Lambda = 485.0 \text{ nm}$ となる。これらのことからブラッグ条件（ $\lambda = 2 n \Lambda / m$ ）を満たす波長を計算で見積もると、表1に示すようになる。ただし、モード屈折率 $n$ は～1.3とした。

20

表 1

25

m	面心立方格子 $\lambda \text{ (nm)}$	六方最密格子 $\lambda \text{ (nm)}$
1	1891	1261
2	946	630



3	6 3 0	4 2 0
4	4 7 3	3 1 5

- 5       これらの計算結果から、6 2 5 nmに近い値として、二つ候補が挙げられる。すなわち、反射スペクトルにおいて観察された強いピークは、面心立方格子の3次のブラッグ反射か、あるいは六方最密格子の2次のブラッグ反射であることが示される。以上により、自己組織化によって堆積された微粒子の規則配列によりブラッグ反射が確認されたことになる。

- 10       次に、上述の微粒子層による散乱光のスペクトルを測定するためにサンプル表面を20°傾けて散乱光を測定した結果を第7図に示す。この場合、6 2 5 nm付近の波長の光が、ほとんど反射しなくなるような逆パターン（ディップ構造）となるのが判る。これは、強いブラッグ反射のために散乱光が抑えられていることを意味する。この現象は次のように説明される。すなわち、第8図に示すように、波長6 2 5 nm付近の光は微粒子層の表面近くで強いブラッグ反射を受けるため、それよりも奥側に光が進まない。そのために散乱が弱く、ブラッグ反射だけを強く受けることになる。一方、6 2 5 nm以外の波長の光はブラッグ反射を受けないためにそれよりも奥側に進むので、結果として散乱される。

- 25       更に、上述の最密構造で配列した微粒子について、光の反射が強くなるような波長域をマスキュエル方程式による光場計算によって見積もった。ただし、実際の微粒子は第9図Aに示すように○形状であるが、第9図Bに示すようにそれをほぼ正方形の□形状に近似して計算を行った。ここでは、□形状粒子の横方向（x）および縦方向（y）

の粒子間隔を○形状粒子のそれらと同じ間隔にして計算している ( $x = 242 \text{ nm}$ 、 $y = 280 \text{ nm}$ )。また、充填率も  $0.74$  と、両者とも同じにして計算している。微粒子の屈折率を  $n = 1.36$  とし、またサンプルの厚さを考慮して積層周期を  $30$  周期 (第  $10$  図) として計算を行った。その結果を第  $11$  図～第  $19$  図に示す。ここでは、  
5 図中左側から微粒子層に光を入射して進行方向 (図中左から右、「FORWARD」とも表す) に進む光と逆方向 (図中右から左、「BACKWARD」とも表す) に進む光とに分けて光密度分布が計算されている。ただし、これらの光密度分布図は、カラープリンタで印刷されたカラー図面を複写機で白黒コピーして作成したものであり、濃さは必ずしも光密度に対応していない (以下同様)。また、紙面の都合上、横方向を縮めて示されている。これらの結果から、波長が  $470 \text{ nm}$ 、 $500 \text{ nm}$ 、 $525 \text{ nm}$ 、 $540 \text{ nm}$ 、 $580 \text{ nm}$ 、 $600 \text{ nm}$ 、 $645 \text{ nm}$ 、 $675 \text{ nm}$  の光では、進行方向のみが強く存在して  
10 微粒子層の右端まで光が到達し、その表面から右側に光が出射しているのが判る。それに比べて逆方向の光はバルク内部のみでしか存在せず、微粒子層の左端まで到達していてもほとんどその表面から左側に光が出射していないのが判る。ところが、第  $17$  図に示すように、 $625 \text{ nm}$  の波長の光では、逆方向に進む光が表面近くで強く生じており、その表面から左側へ光が強く出射しているのが判る。また、逆方向に進む光が強いため、進行方向の光は表面から  $8 \sim 15$  周期分までしか進入していないことも判る。特に  $11$  周期あたりがその境界と見られる。これらの結果は、実験において  $625 \text{ nm}$  付近の波長の光で強い反射が起こっていることと一致している。更に、この  $625 \text{ nm}$   
15 の前後の波長で詳細に調べた結果を第  $20$  図～第  $31$  図に示す。これらの結果から、波長  $605 \sim 632 \text{ nm}$  の範囲で反射が起きているこ

とが判る。これらの結果は、実験において反射率のピークの半値幅が  
～30 nm（第5図）と狭いことと良く一致する。このように多層膜  
に比べて微粒子で反射率のピークの半値幅が狭くなる理由としては、  
微粒子では横方向にもブラッグ反射が起きているために強い閉じ込め  
5 効果が起こることが関係していると考えられる。また、ブラッグ反射  
が起きている波長625 nmでは、表面からわずか8～15周期だけ  
しか光が進入しておらず、これは散乱光が抑制されていることと合致  
する。

次に、緑色および青色の光を反射させることについて述べる。微粒  
10 子の直径Dとこの微粒子により反射される光の波長 $\lambda$ とはほぼ比例関  
係にあるので、反射させたい光の波長を $\lambda_0$ とすると、 $D = 280 \text{ nm}$   
に対して $\lambda_0 = 625 \text{ nm}$ の関係から、緑色（ $\lambda_0 = 525 \text{ nm}$ ）  
や青色（ $\lambda_0 = 475 \text{ nm}$ ）ではそれぞれ $D = 235 \text{ nm}$ 、 $D = 21$   
2 nmとなる。それぞれの場合について同様に光場の計算を行った。  
15 緑色反射のモデルを第32図に、計算結果を第33図～第39図に示  
す。また、青色反射のモデルを第40図に、計算結果を第41図～第  
47図に示す。これらの結果から、緑色反射と青色反射とでは、それ  
ぞれ525 nmと475 nmの波長のときだけに強い反射が生じてい  
て、赤色反射と同様にほぼ8～15周期まで光が進行しているのが判  
20 る。

以上のように、微粒子の直径Dと波長 $\lambda$ とはほぼ比例関係にあるこ  
とから、第48図に示すような関係になる。この図から、青色反射で  
は $D = 202 \sim 224 \text{ nm}$ 、緑色反射では $D = 224 \sim 251 \text{ nm}$ 、  
赤色反射では $D = 269 \sim 314 \text{ nm}$ となる。とりわけ色度図上で純  
25 粋な三原色として、青色反射では $\lambda_0 = 475 \pm 10 \text{ nm}$ で $D = 20$   
8～217 nmとなり、緑色反射では $\lambda_0 = 515 \pm 15 \text{ nm}$ で $D =$

224～237 nmとなり、赤色反射では $\lambda_0 = 650 \pm 30$  nmで  
D = 278～305 nmとなる。

以上の結果から、たとえば、基板上に赤色反射用の微粒子層11周期を積層し、その上に緑色反射用の微粒子層11周期を積層し、更に  
5 その上に青色反射用の微粒子層11周期を積層すれば、三原色の光だけを反射させてその他の波長の光は透過すると考えられる。これらについて同様に光場の計算で見積もった。このときのモデルを第49図に、計算結果を第50図～第54図に示す。これらの結果から、波長が475 nm、525 nm、623 nmのときにそれぞれの青色反射  
10 用、緑色反射用、赤色反射用微粒子層のところで強い反射が生じており、それ以上奥に進まないのが判る。それに対して、590 nmや555 nmなど三原色以外の波長では、反射がほとんど起こっていないので赤色反射用微粒子層の右端まで光が到達し、そこから更に右側に光が出射しているのが判る。したがって、これより奥側に光を吸収する材料を置くことで、たとえば基板として光を吸収する材料を置くこと  
15 で、三原色以外の光を効率良くカットすることができる。

そこで、この発明の第1の実施形態においては、スクリーンを第55図に示す断面構造を有するように構成する。すなわち、基板1上に赤色反射用のD = 280 nmの微粒子層2を11周期積層し、その上  
20 に緑色反射用のD = 234.5 nmの微粒子層3を11周期積層し、更にその上に青色反射用のD = 212 nmの微粒子層4を11周期積層してスクリーンを構成する。微粒子層2～4のいずれにおいても、微粒子5が最密構造で配列している。これらの微粒子層2～4の微粒子5としては、たとえばシリカ微粒子が用いられる。また、基板1と  
25 しては、三原色以外の波長の光を吸収することができるものが用いられ、具体的にはたとえばカーボン製の黒い基板が用いられる。この基

板 1 の厚さは、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下に選ばれ、具体的にはたとえば $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度に選ばれる。基板 1 の厚さがこのように $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度であると、スクリーンが破れにくく、しかもフレキシビリティが高いためスクリーンの巻き取りもしやすい。また、スクリーンの面積は用途に応じて適宜選ばれる。

この第 55 図に示すスクリーンは、たとえば、自己組織化技術を用いることにより容易に製造することができる。すなわち、たとえば、第 56 図に示すように、微粒子 5 が分散された水溶液 6 を用い、この水溶液 6 中で微粒子 5 をゆっくり堆積させることにより、微粒子 5 が自己組織化により規則的に配列する。そこで、この自己組織化技術を用いて、基板 1 上に微粒子層 2 ~ 4 を順次、規則配列で積層することができ、これによってスクリーンを製造することができる。

このスクリーンの製造方法についてより詳細に説明する。一般に、この種のスクリーンの製造方法としては、自然沈降法（たとえば、増田ほか（2001）マテリアルインテグレーション 14、37-44）および浸漬引き上げ単粒子膜作製法（単粒子膜引き上げ法）（たとえば、永山（1995）粉体工学 32、476-485）が考えられる。自然沈降法では、低濃度の微粒子溶液を基板上に滴下するか、低濃度の微粒子溶液中に基板を立てる。このとき、基板上に沈降した微粒子が溶媒の蒸発によって基板上に自己組織的に結晶化する。自然沈降法はこの工程を通して基板上に微粒子の三次元結晶の薄膜を得る方法である。この方法の問題点は、溶媒の蒸発に数時間以上必要であるため、基板の乾燥に長時間を要すること、基板上から溶媒が面内に均等に蒸発しないため、数 $\text{cm}^2$ 以上の大面積の結晶の薄膜を作製する際には、その薄膜が面内に厚さむらを生じることである。一方、単粒子膜引き上げ法は、低濃度の微粒子溶液中に浸漬した基板を気相中に引き上げ

ることにより微粒子単層の二次元結晶の薄膜を得る工程を利用した方法である。この工程を繰り返すことにより、微粒子単層の薄膜を積層し、任意の厚さの三次元結晶の薄膜を得る。この方法の問題点は、単粒子膜の積層によるため、工程が複雑であり、作製に長時間を要すること、面内で均一な二次元結晶化を行わせるために、引き上げ速度を低速に制御する必要があることである。数  $\text{cm}^2$  以上の大面積の薄膜作製では長時間にわたって気液界面のメニスカスが乱れないように制御する必要があり、容易ではない。

そこで、自然沈降法による三次元結晶の作製と単粒子膜引き上げ法による面内の厚さむらの軽減とを両立させ、更に、作製時間を大幅に短縮させる方法として、引き上げ回転法を用いる。単粒子膜引き上げ法では、一度の浸漬と引き上げの工程で単層の二次元結晶薄膜しか得られないのに対して、引き上げ回転法では高濃度の微粒子溶液を用いることによって、単粒子膜引き上げ法と同様の一度の浸漬と引き上げの工程で三次元結晶薄膜を得ることができる。これにより、自然沈降法と同様に三次元結晶を得ることができる。そして、基板の回転により、単粒子膜引き上げ法のように、面内の厚さむらを軽減することができる。また、作製工程に要する時間を大幅に減らすことができる。

この引き上げ回転法では、高濃度の微粒子溶液中に基板を浸漬し、気相中へ引き上げを行うと、乾燥が遅く溶液の濡れ量が多い部分に微粒子が集積することによって厚さむらが生じる。この厚さむらは、基板の鉛直方向下方および水平方向左右端から生じる。そこで、浸漬前、浸漬中、引き上げ直後のいずれかの時に基板を面内で回転させることにより濡れ量を制御したところ、面内の厚さむらが減少し、厚さが面内で均一な薄膜が得られた。

第 57 図～第 60 図を参照してこの引き上げ回転法を具体的に説明

する。

第 5 7 図 A に示すように、溶液槽 7 中に高濃度（たとえば、2 重量 % 以上 5 0 重量 % 以下）の微粒子溶液 8 を入れたものを用意する。次に、第 5 7 図 B に示すように、溶液槽 7 の上方から基板 1 を下降させて微粒子溶液 8 中に浸漬する。次に、第 5 7 図 C に示すように、基板 1 を高速（たとえば、 $30 \mu\text{m/s}$  以上  $3 \text{m/s}$  以下）で引き上げた後、第 5 7 図 D に示すように、気相中にて自然乾燥させる。

これらの工程において、基板 1 に付着してくる微粒子溶液 8 は、乾燥すると同時に重力によって下方に移動するため、微粒子の分布は基板 1 の下方に偏り、乾燥後には鉛直方向に関して下方が厚く、上方が薄いという、面内分布を持った薄膜が得られる。この鉛直方向に関しては、下記の通りに工程を行うことによって、面内の厚さむらを抑えることができる。

すなわち、第 5 8 図 A に示すように、第 5 7 図 D に示す工程で乾燥を行った基板 1 をその面内で  $180^\circ$  回転させて上下を逆にする。次に、第 5 8 図 B に示すように、溶液槽 7 の上方から基板 1 を下降させて微粒子溶液 8 中に浸漬する。この後、上述と同様に、基板 1 の高速引き上げ（第 5 8 図 C）および気相中自然乾燥（第 5 8 図 D）を行う。この結果、微粒子層の厚さは基板 1 の下方が厚く、上方が薄いという面内分布を持つが、先に積層した微粒子層の厚さの面内分布とは逆になるため、鉛直方向に関して、基板 1 全体での面内分布は均一となる。なお、この基板 1 の上下の回転は、浸漬前ではなく、浸漬中や引き上げ直後に行っても同様な効果を得ることができる。

水平方向に関しても基板 1 全体での微粒子層の厚さの面内分布を均一とするために、第 5 7 図および第 5 8 図と同様な工程を行う。

すなわち、第 5 9 図 A に示すように、第 5 8 図 D に示す工程で乾燥

を行った基板 1 をその面内で時計方向に  $90^\circ$  回転させる。次に、上述と同様に、基板 1 の微粒子溶液 8 中への浸漬（第 59 図 B）、基板 1 の高速引き上げ（第 59 図 C）および気相中自然乾燥（第 59 図 D）を行う。

5      次に、第 60 図 A に示すように、第 59 図 D に示す工程で乾燥を行った基板 1 をその面内で  $180^\circ$  回転させて上下を逆にする。この後、上述と同様に、基板 1 の微粒子溶液 8 中への浸漬（第 60 図 B）、基板 1 の高速引き上げ（第 60 図 C）および気相中自然乾燥（第 60 図 D）を行う。

10      以上の方法により、短時間で、面内むらが観測されない結晶化した大面積の微粒子薄膜を得ることができる。

        なお、基板 1 を水平にし、基板 1 の濡れ量を面内に均一にし、乾燥させることにより面内の厚さむらを減少させる手法を考えることはできるが、実際にやって見た範囲内では、濡れ量を均一に保つことはできず、面内に厚さむらを生じた。

        ここで、自然沈降法により作製した微粒子薄膜と上述の引き上げ回転法により作製した微粒子薄膜との間の厚さむらの比較結果について説明する。

        ここでは、微粒子として直径  $280\text{ nm}$  のシリカ微粒子（品名 K E  
20      - P 30、（株）日本触媒製）、溶媒として純水、基板として市販のアルミ（アルミニウム）箔（大きさ：短辺  $26\text{ mm}$ 、長辺  $76\text{ mm}$  の長方形）をプラズマ洗浄したものを用いた。

        まず、自然沈降法によるサンプルの作製においては、基板上に  $20$   
重量％シリカ水溶液を  $20\text{ }\mu\text{ l}$  滴下し、基板表面に広げた。そして、  
25      基板を水平に保ち、樹脂製の試料ケース内で  $3$  日間乾燥させた。

        一方、引き上げ回転法によるサンプルの作製においては、 $20$  重量



%シリカ水溶液中に基板をその長辺方向が鉛直方向となるようにして浸漬し、そのまま速度10 mm/sで垂直に引き上げ、乾燥させた。乾燥後、基板の上下を逆にし、同様に浸漬、引き上げ、乾燥を行った。次に、基板をその面内で90°回転させてその短辺方向が鉛直方向となるようにして浸漬し、そのまま速度10 mm/sで垂直に引き上げ、乾燥させた。乾燥後、基板の上下を逆にし、同様に浸漬、引き上げ、乾燥を行った。このようにして、計4回の浸漬、引き上げ工程を実施した。

両サンプルについて目視での比較を行った結果、自然沈降法に比べて引き上げ回転法では厚さむらが小さかった。また、両者ともブラッグ反射を示し、シリカの微粒子が三次元結晶を形成していることが確認された。

基板の両短辺の中心を結ぶ線上の5点（中心点、中心点から両方向に10 mmおよび20 mm離れた点）で、作製した薄膜の膜厚を測定した。膜厚は基板のアルミ箔の表面と作製した薄膜の表面との鉛直距離として光計測により測定した。結果は次のとおりであった。

自然沈降法：平均値14.8  $\mu\text{m}$ 、標準偏差3.1  $\mu\text{m}$

引き上げ回転法：平均値9.9  $\mu\text{m}$ 、標準偏差0.6  $\mu\text{m}$

これらの標準偏差の違いから、自然沈降法に比べて、引き上げ回転法での膜厚のばらつきが格段に小さいことが確認された。引き上げ回転法の4回の工程により、厚さむらの小さい35層程度の三次元結晶のシリカ薄膜を作製することができた。

以上のように、この第1の実施形態によれば、特定の三原色の光だけを反射して残りの波長の光を基板1側で吸収させることが可能となることにより、黒を沈ませるスクリーンを得ることができる。この場合、画像に関係ない外部の光がスクリーンに入射した場合にも、波長

が異なるためにカットされるため、コントラストが劣化するのが防止される。特に、半導体レーザやLEDなどの発光ピークの半値幅が狭くて色純度の良い光で画像を形成している場合には、効率良く選択的に画像の光だけを反射して他の波長の光をカットすることで、高コントラストを維持することができるとともに、黒を沈ませることができ  
5 る。したがって、暗室でなくとも画像の劣化が起こらない。また、液晶プロジェクターなどスペクトル半値幅が広い光を投影しても、波長を選択的に狭くするので、色度図上の色再現範囲が広くなり、色純度も良くなる。

10 次に、回折効果により反射光の遠視野像（FFP；Far Field Pattern）を広げる方法について説明する。

第61図に示すように、一般に、光の入射方向に垂直な方向の物体のサイズを十分に小さくすることにより、その物体により光は回折されて広がる。そこで、この第1の実施形態のようにスクリーンを微粒子の集合体により形成することで、微粒子による回折効果で反射光の  
15 FFPに広がりを持たせることができると考えられる。これは逆格子空間上で格子点を横方向に伸ばすことに対応する。そこで、横方向のサイズを22周期、16周期、11周期とした場合の反射波を広い面積（100  $\mu\text{m}$   $\times$  30  $\mu\text{m}$ ）で計算した。その結果を第62図～第6  
20 5図に示す。この結果から、横方向の周期数が小さくなるほど、FFPが広くなることが判る。より詳細には、22周期ではFFP  $\sim 8^\circ$ と狭いが、周期をより小さくしていくほどFFPは広がり、16周期でFFP  $\sim 11^\circ$ 、11周期ではFFP  $\sim 17^\circ$ まで広がることが判った。

25 映画館などの大きな会場でスクリーンに画像を表示する場合には比較的視野角が狭くても良く、むしろ明るさが求められる。この場合に

は、FFPが $10 \sim 17^\circ$ 程度と比較的狭くして指向性を持たせ、それによって光密度を高く、すなわち明るくすることが可能である。

次に、屈折で反射光のFFPを広げる方法について説明する。

5 屈折で反射光のFFPに広がりを持たせるためには、第66図に示すように、微粒子の集合体を水平面と斜面とを持つ構造とするか、第67図に示すように、微粒子の集合体の表面を曲面構造とすることが考えられる。第66図に示す例では特定の方向だけに斜めに反射光が出射されるが、第67図に示す例では曲面に対応して任意の方向に反射光が出射される。

10 第68図に示すように、微粒子の集合体について垂直方向（結晶軸の方向）に対する斜面の角度 $\theta$ を変えて計算を行った。ただし、入射光の波長は $625\text{ nm}$ で、微粒子の直径は $280\text{ nm}$ とした（ここでは水平面（第68図中左側の端面）に垂直入射する場合にはブラッグ反射が起こる条件である）。その結果を第69図～第73図に示す。

15 この結果より、 $\theta = 14.4^\circ$ 、 $58.2^\circ$ の斜面に光が入射してもブラッグ反射がほとんど起きておらず、光が透過しているのが判る。それに対して、 $\theta = 70.2^\circ$ 、 $75.7^\circ$ 、 $78.9^\circ$ の斜面では反射が生じているのが判る。

更に、広い反射側においてBACKWARDの結果を第74図および第75図に示す。この結果より、 $\theta = 14.4^\circ$ 、 $58.2^\circ$ では斜めの反射が生じていないが、 $\theta = 70.2^\circ$ 、 $75.7^\circ$ 、 $78.9^\circ$ では斜めの反射が生じていることが判る。その結果をFFPとして示したグラフが第76図である。この結果より、 $35^\circ$ 付近にピークが出現しているのが判る。これらの結果から、屈折の方法では $\theta =$

20  $90 \sim 70^\circ$ の範囲に斜面を形成すれば、FFPに $70^\circ$ まで広がりを持たせることができることが判る。

25

次に、第 77 図に示すように、光の入射方向に対して結晶軸を傾けた場合について説明する。この場合、ブラッグ条件を満たす波長がずれることになる。その波長は、垂直入射（入射方向が結晶軸と平行）のときの波長を  $\lambda_0$  とすると、 $\lambda(\theta) = \lambda_0 \sin \theta$  となる。これは、第 78 図に示すように、光の入射方向がずれてくるために逆格子空間において格子点が原点を中心に回転することにより、同じエwald 球（ $1/\lambda$  を半径とした球）の面上にその格子点が乗らなくなること

5 ことを意味する。この効果を考慮して計算した結果を第 79 図に示す。この結果より、スペクトルの半値幅が 30 nm である場合、 $\theta = 77.4 \sim 90^\circ$  の範囲内であればブラッグ反射が生じることになる。 $\theta = 77.4^\circ$  の場合には、垂直方向から  $2\theta = 25.6^\circ$  の角度で反射されることになるが、反対方向、すなわち  $\theta = -77.4^\circ$  にも軸を傾斜させると合計で  $FFP = 51.6^\circ$  となる。

10

以上のように、屈折を用いる方法や結晶軸を傾ける方法は、家庭などの狭い空間でスクリーンに投影する場合に適する。この場合、指向性が強いと、見る場所によって画像が見えなくなるからである。

15

この指向性を緩やかにするためには、第 80 図に示すように、微粒子の集合体 9 にうねりを持たせるようにしても良い。

次に、スクリーンの波長の選択性について説明する。

20 波長の選択性も逆格子空間を用いて説明することができる。すなわち、第 81 図に示すように、光の入射方向のサイズが小さい場合、逆格子空間での格子点はその方向に伸びる。その結果、格子点と交差するエwald 球が多数存在することとなり、結果としてブラッグ条件を満たす波長  $\lambda$  の範囲が広がることになる。ここで、5 層と 10 層の場合の誘電体多層膜の反射スペクトルについて、有効フレネル係数法で

25 計算を行った。その結果を第 82 図および第 83 図に示す。この結果

から、5層では半値幅が200nm程度あるのに対して10層構造では半値幅が50nmと狭くなっているのが判る。ただし、波長の選択性を良くしようとして、単純に層数を増やすだけでは不十分であり、光にとっての実効的なサイズを大きくする必要がある。数層のみでは  
5 100%反射されるものを100層ほど積層しても、実効的なサイズは数層のみで波長の選択性は悪いままである。したがって、微粒子による個々の回折格子の反射効率をなるべく下げて、多層にわたって回折が生じるような構造にするのが望ましい。

上述のように、この第1の実施形態によるスクリーンを使用すること  
10 とで各三原色のスペクトルの半値幅が狭くなるが、これによって色純度が良くなり、色度図上の再現範囲が広がることを以下に説明する。

第84図～第87図および第88図～第91図はそれぞれ液晶(LCD; Liquid Crystal Display)プロジェクターおよびDLP(Digital Light Processing)プロジェクターから出射した光のスペクトル  
15 を測定した結果である。ここで、第84図、第88図は白色を、第85図、第89図は青色を、第86図、第90図は緑色を、第87図、第91図は赤色を表示したときのスペクトルである。色フィルターを用いて波長の選択を行っているため、LCDプロジェクター、DLPプロジェクターともに各三原色のスペクトル半値幅が60～100nm  
20 と広いことが判る。このとき通常のスクリーンを用いると光が反射されても半値幅に変化がないために、このスペクトルの半値幅で色再現性が決定されることになる。これに対し、この第1の実施形態によるスクリーンを用いた場合、プロジェクターから出射した光の各三原色のスペクトル半値幅が広くても、スクリーンで反射されるときに波  
25 長が選択されて半値幅が30nmまで狭くなる。このとき、色度図上の色再現範囲が広がるとともに色再現性が良くなる。第92図は色度

図上でそのことを表している。DLPやLCDでは色再現範囲が狭いのに対し、この第1の実施形態によるスクリーンを用いた場合、その範囲が広がるとともに色の再現性が良くなるのが判る。

次に、この発明の第2の実施形態によるスクリーンについて説明する。第93図にこのスクリーンを示す。

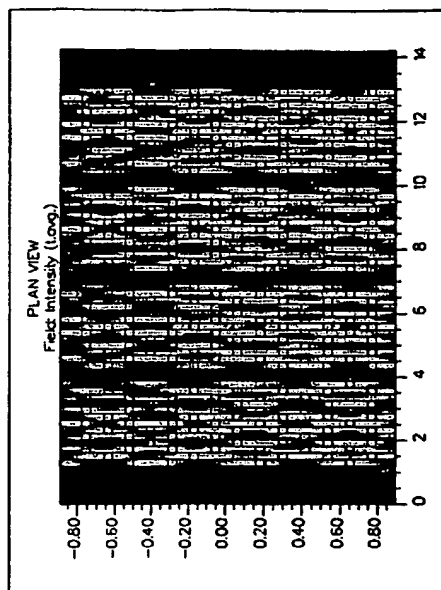
第93図に示すように、この第2の実施形態によるスクリーンにおいては、微粒子層4の最上面に拡散フィルム10が配置されている。この拡散フィルム10は、光の拡散およびスクリーン表面の保護のためのものである。すなわち、スクリーンから反射される光をこの拡散フィルム10により拡散させることで、指向性を緩和するとともに、スクリーン全体に均一な輝度を持たせることができる。言い換えれば、いわゆるホットスポットをなくすことができる。また、この拡散フィルム10により、機械的なダメージで微粒子が剥がれるのを防止することができる。

この拡散フィルム10としては、可視光領域において透明な材料で、かつ光を拡散させるものが望ましい。光を拡散させるためには、フィルム面内で異なる屈折率分布を持たせても、またはフィルム表面に凹凸を設けても良い。この拡散フィルム10としては、具体的には、たとえば、光拡散性のあるポリエチレンフィルム（作製上、面内に屈折率分布を持つ）や、光を拡散することができるよう表面を凹凸加工したポリカーボネートフィルムやポリエチレンテレフタレートフィルムやポリ塩化ビニルフィルムなどが挙げられる。この拡散フィルム10の厚さは、通常は5mm以下、望ましくは1mm以下とする。

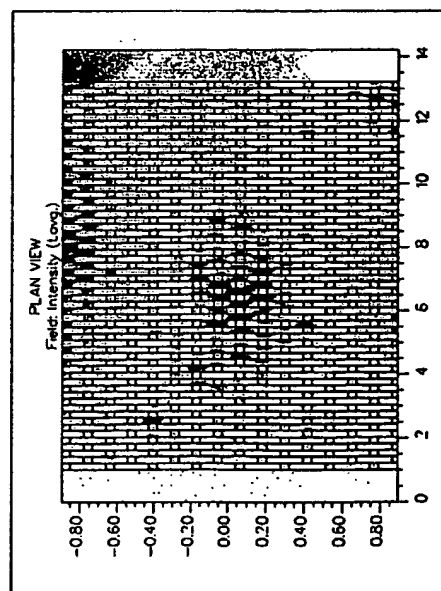
拡散フィルム10を配置するには、たとえば、基板1上に微粒子層2～4を積層した後に、張力（テンション）を加えながらこの拡散フィルム10を微粒子層4の表面に貼って接着しても良いし、この拡散

第39図B

第39図A



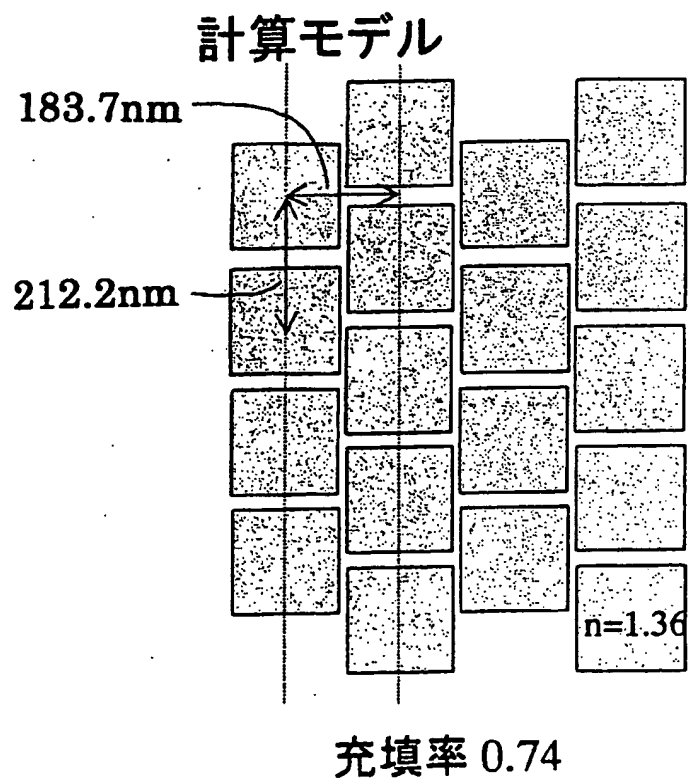
BACKWARD



$\lambda = 650 \text{ nm}$

FORWARD

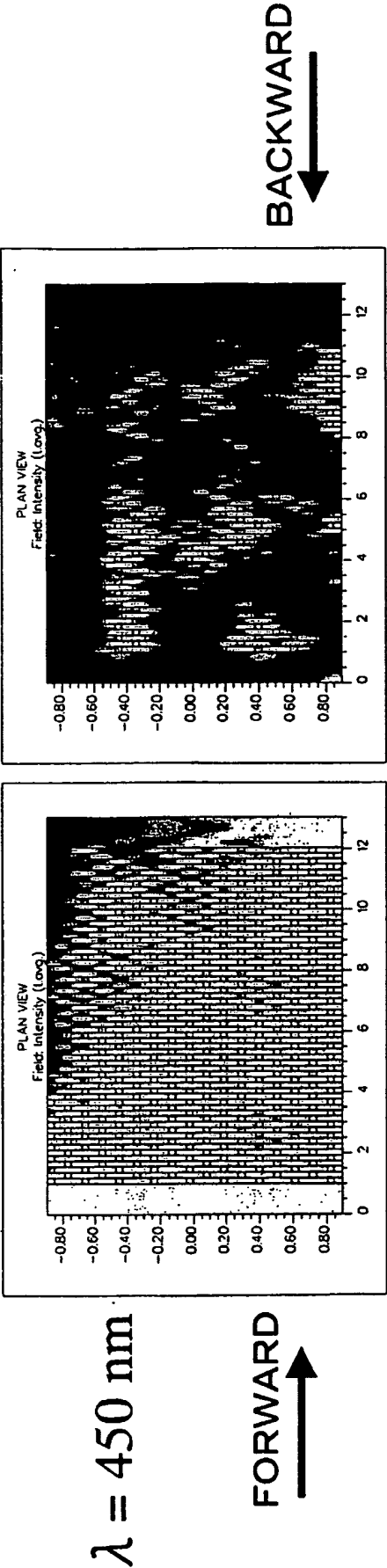
## 第 4 0 図

青用の反射

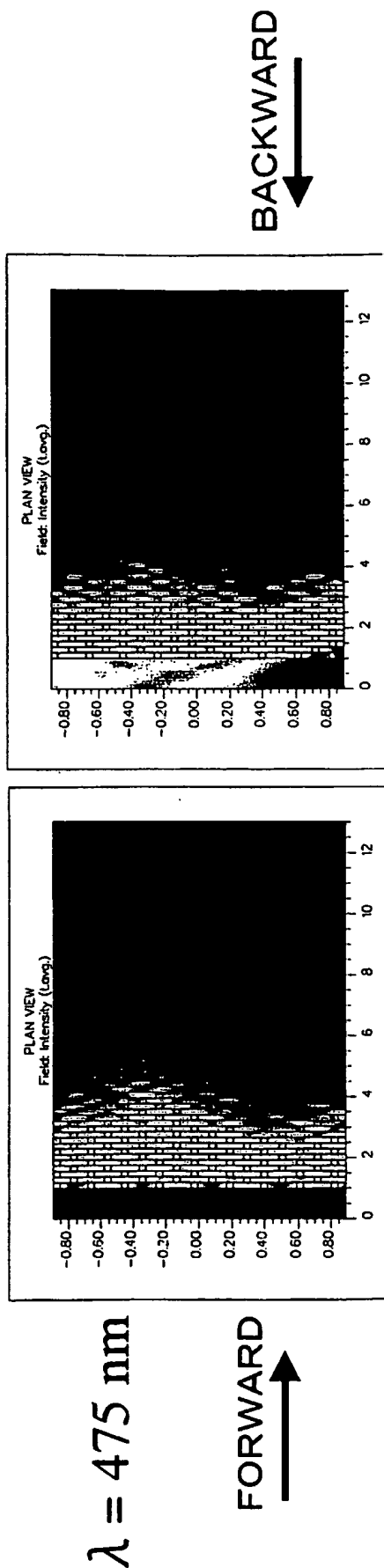


第41図A

第41図B

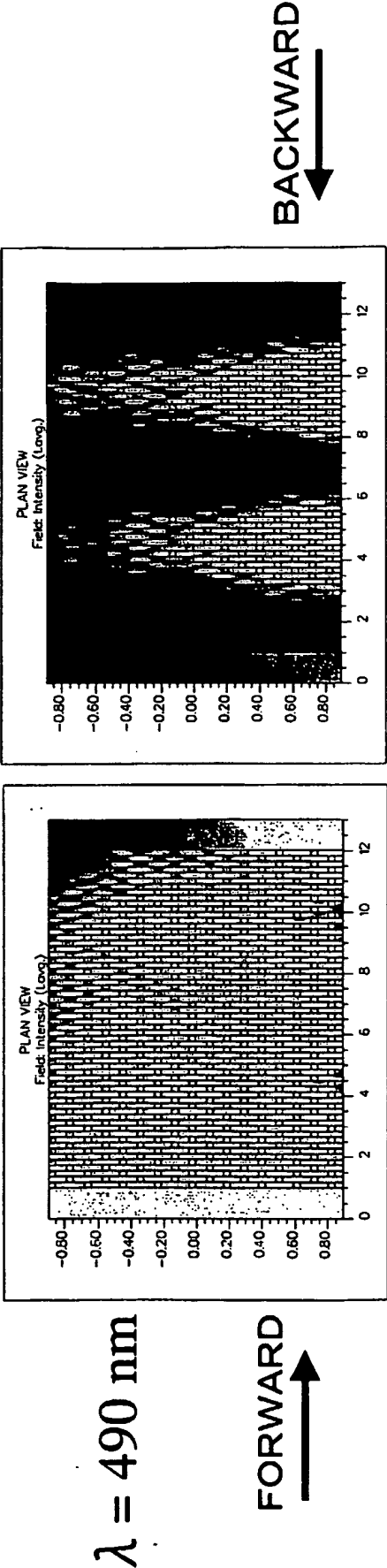


# 第42図A



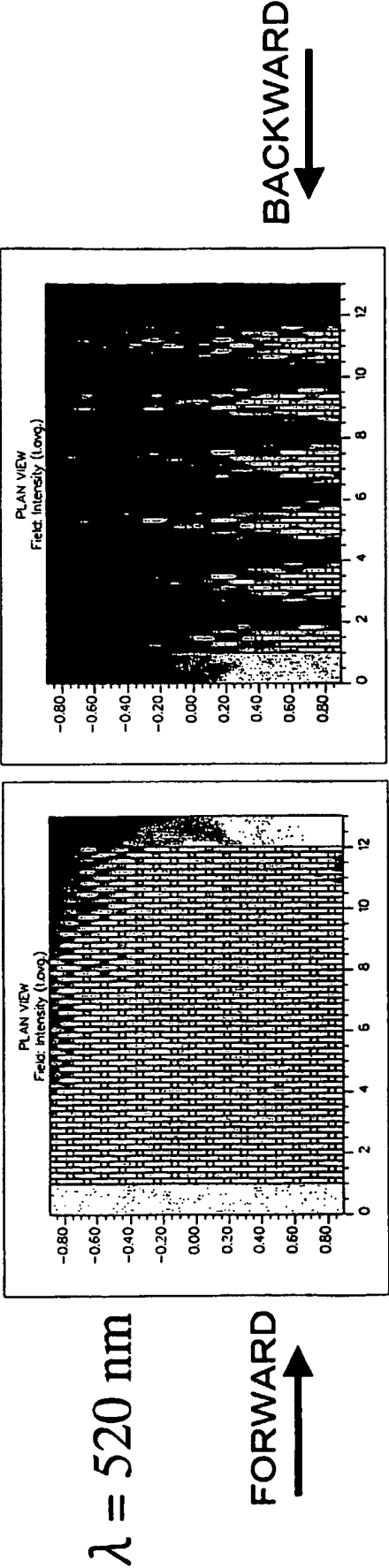
第43図A

第43図B



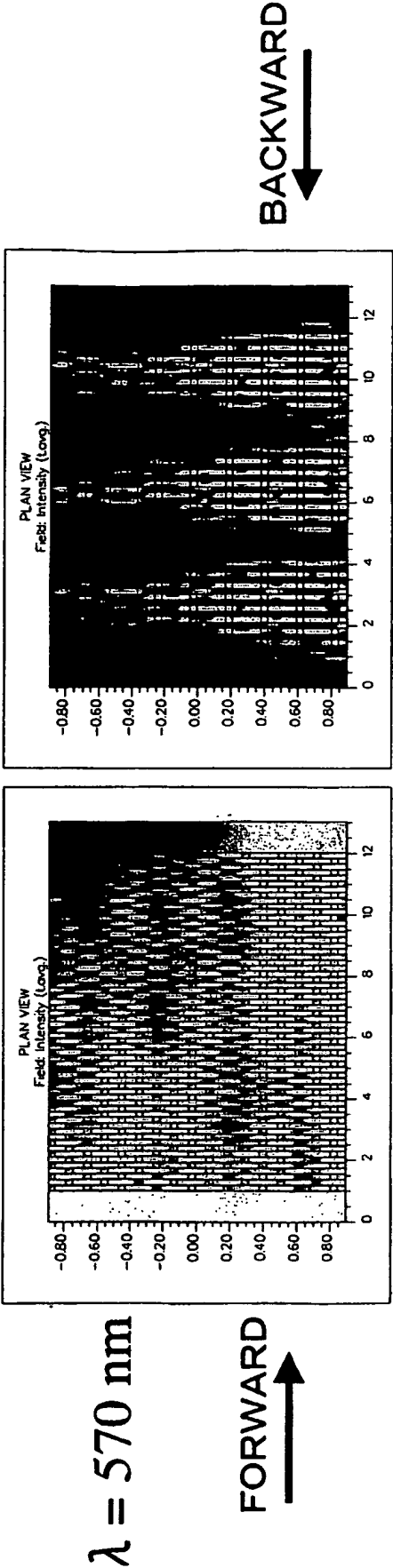
第 4 4 図 A

第 4 4 図 B



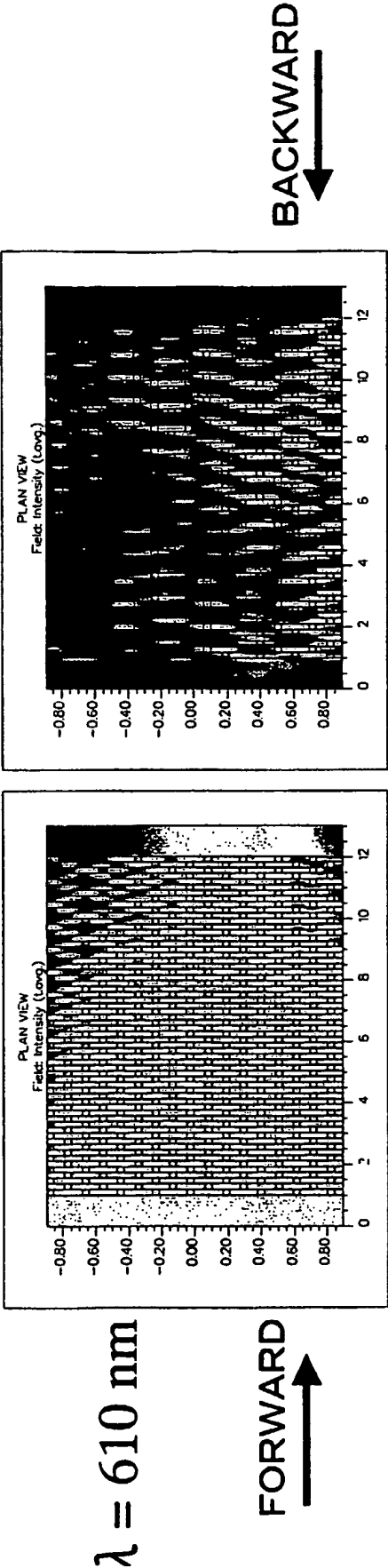
第45図A

第45図B



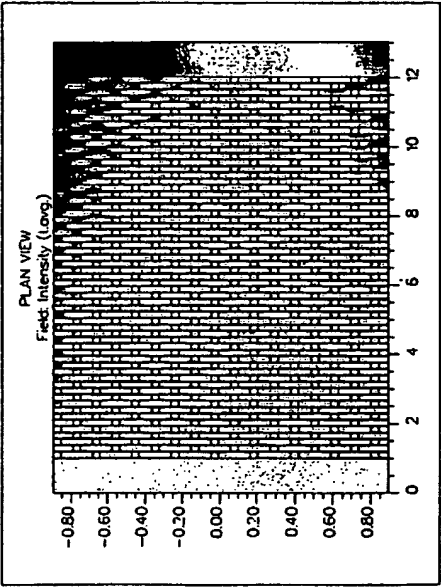
第 4 6 図 A

第 4 6 図 B



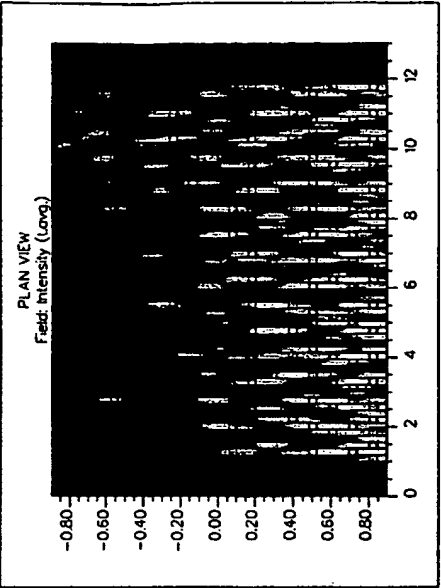
第47図A

第47図B



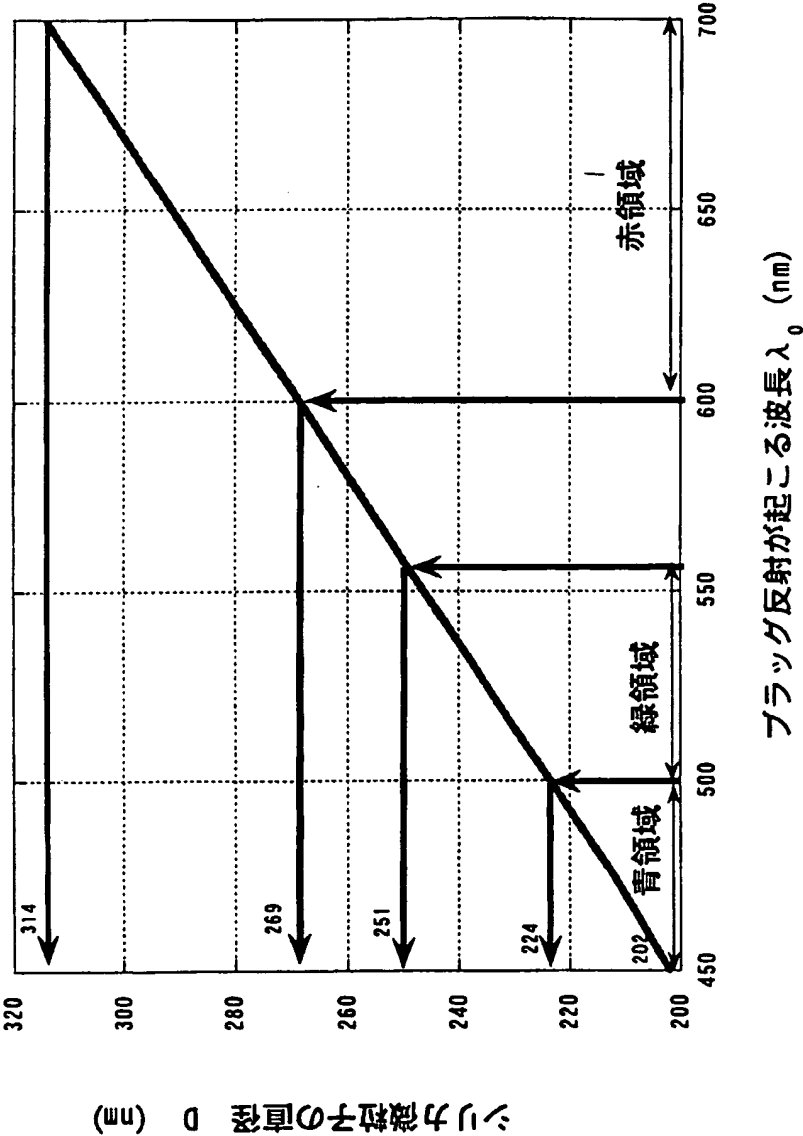
$\lambda = 640 \text{ nm}$

FORWARD 



BACKWARD 

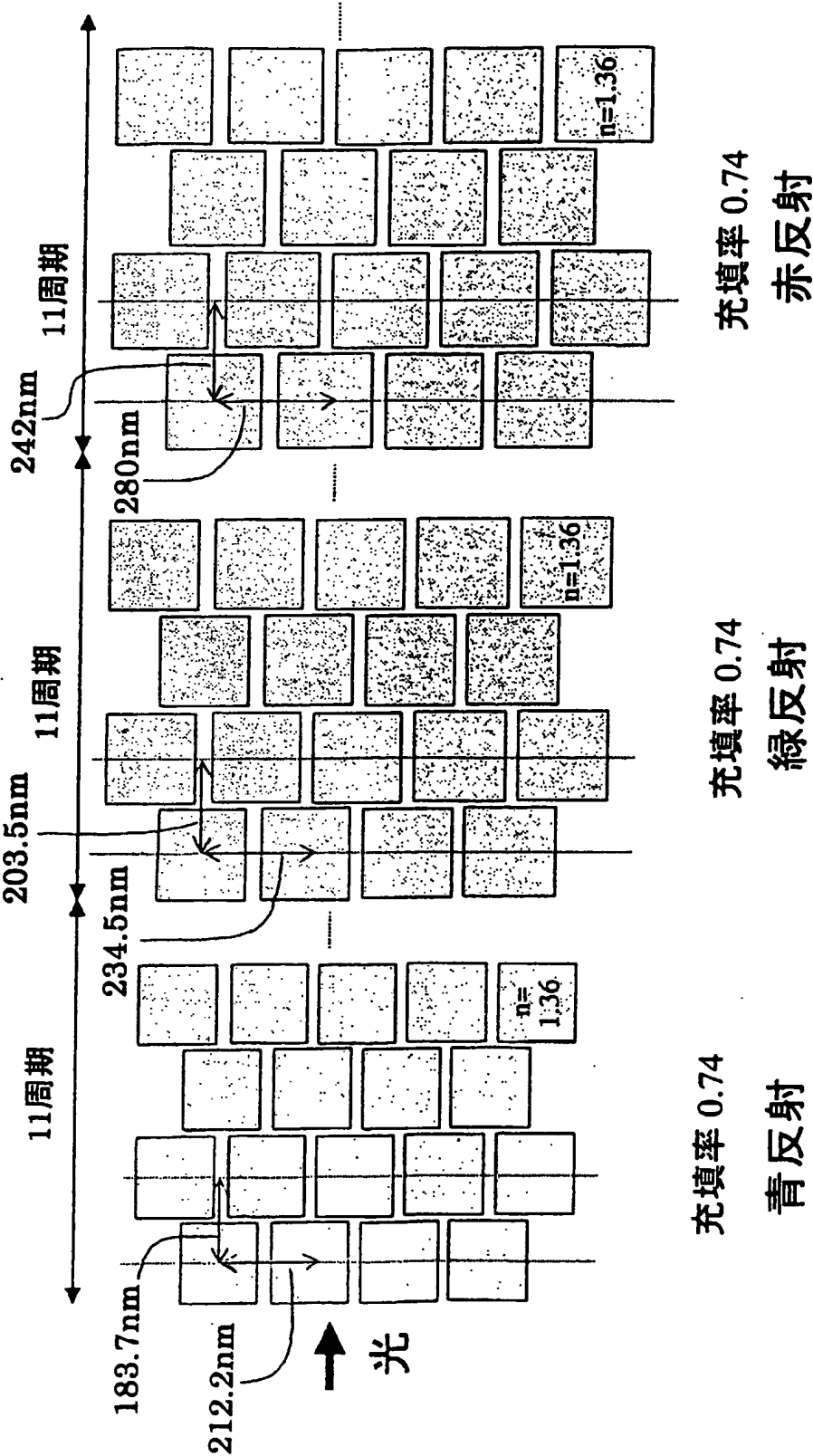
第 4 8 図





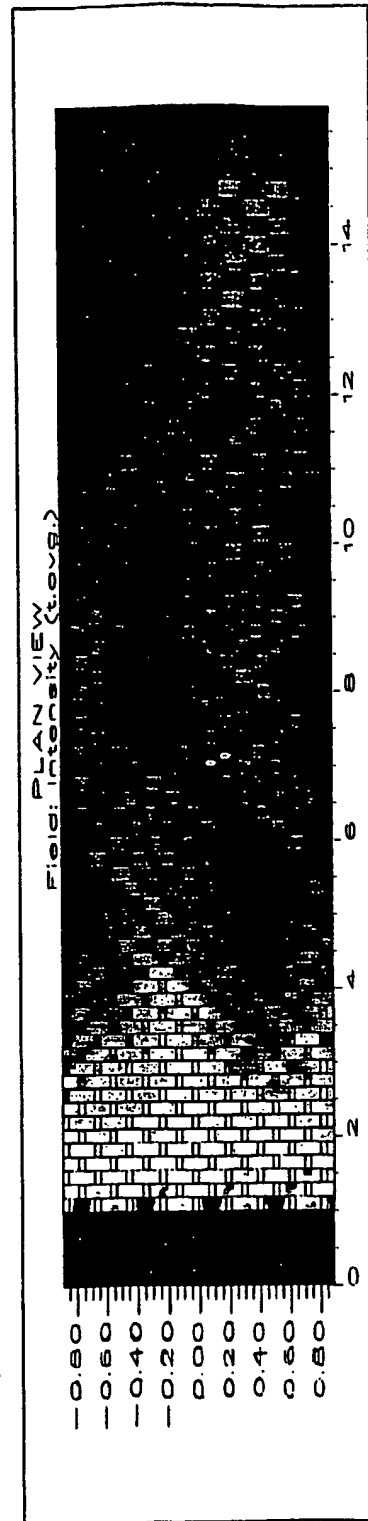
第49図

計算モデル



$\lambda = 475\text{nm}$

FORWARD

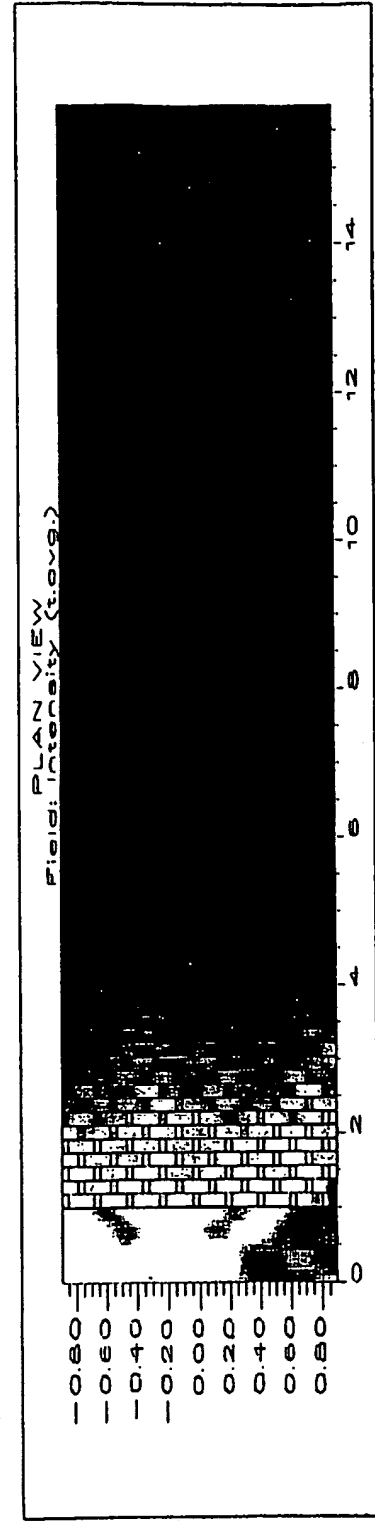


赤色反射領域

緑色反射領域

青色反射領域

BACKWARD

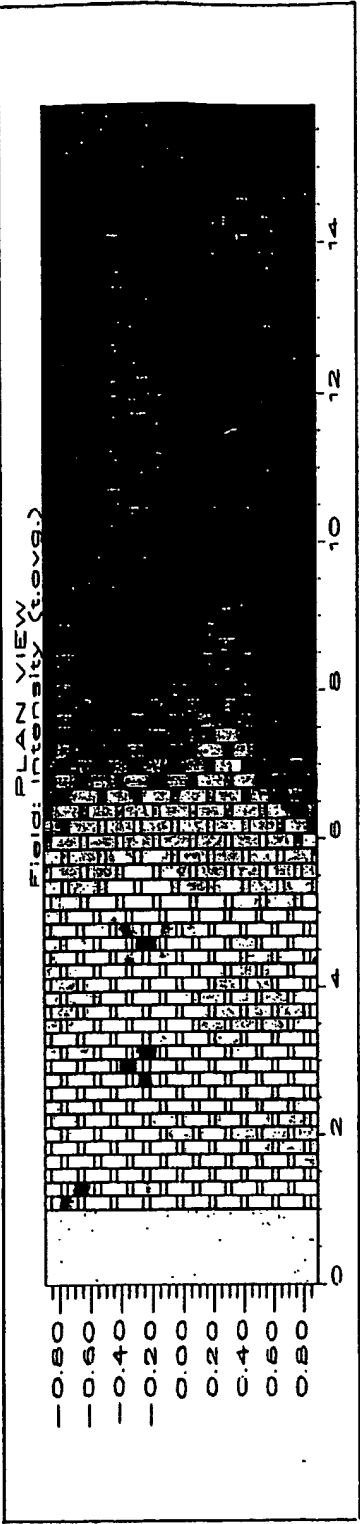


第50図A

第50図B

$\lambda = 525\text{nm}$

FORWARD  
↑

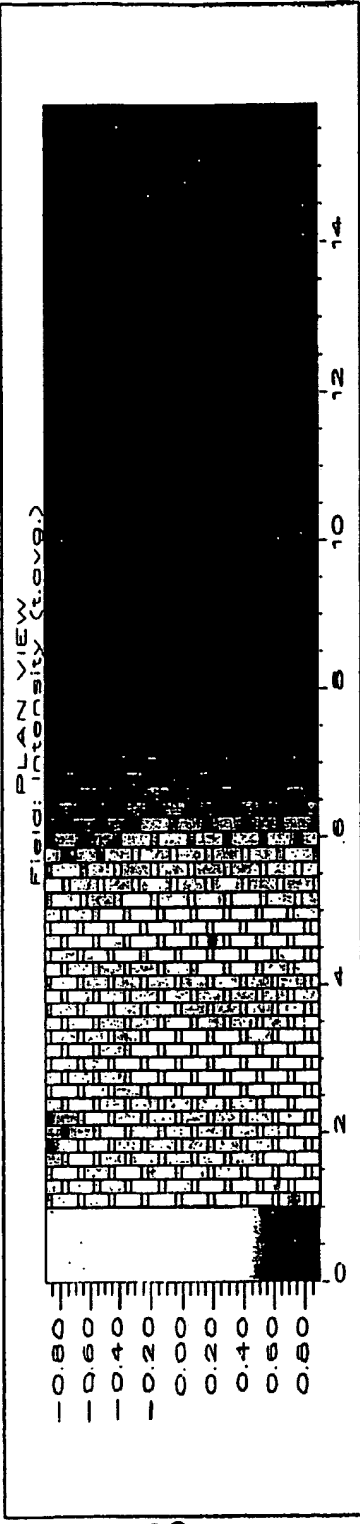


赤色反射領域

綠色反射領域

青色反射領域

BACKWARD  
↓

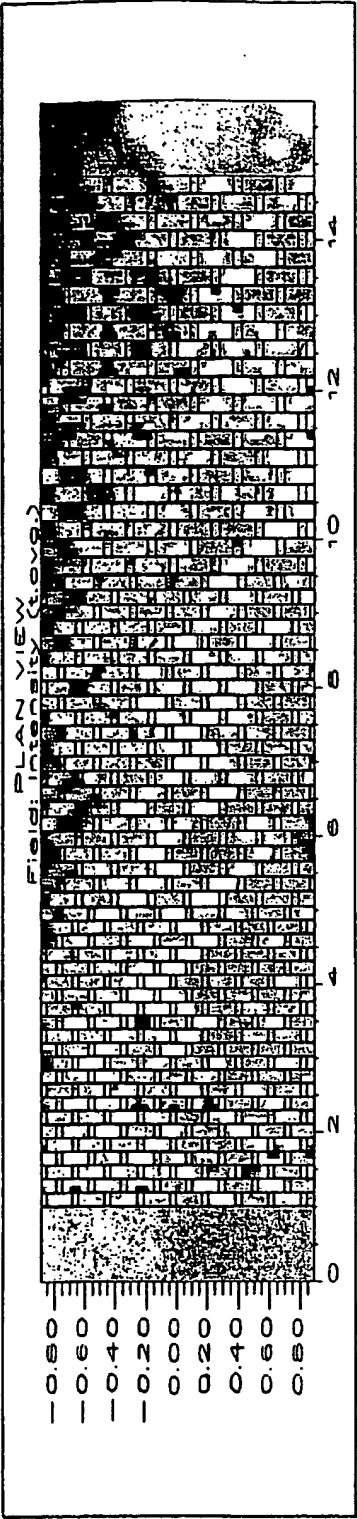


第51図A

第51図B

$\lambda = 555\text{nm}$

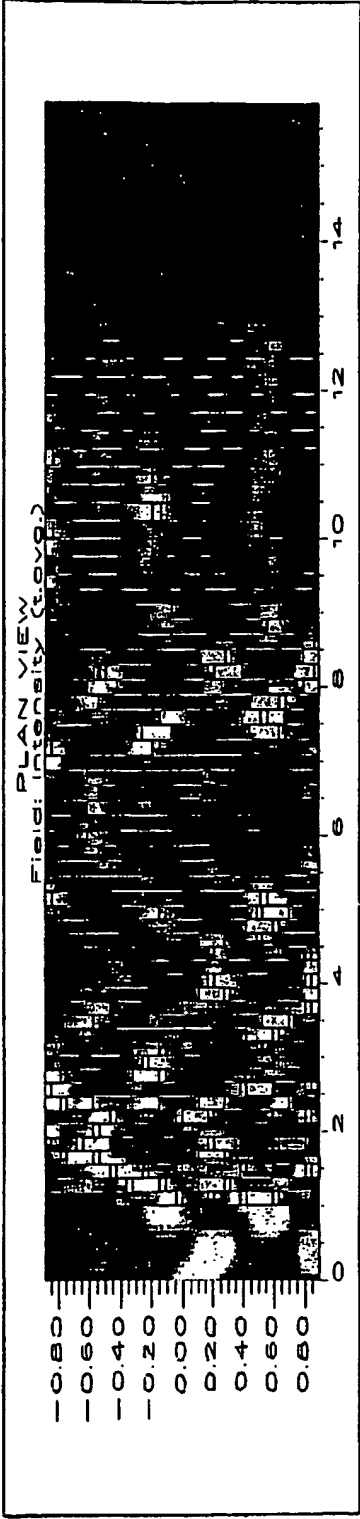
FORWARD  
↑



第 5 2 図 A

BACKWARD  
↓

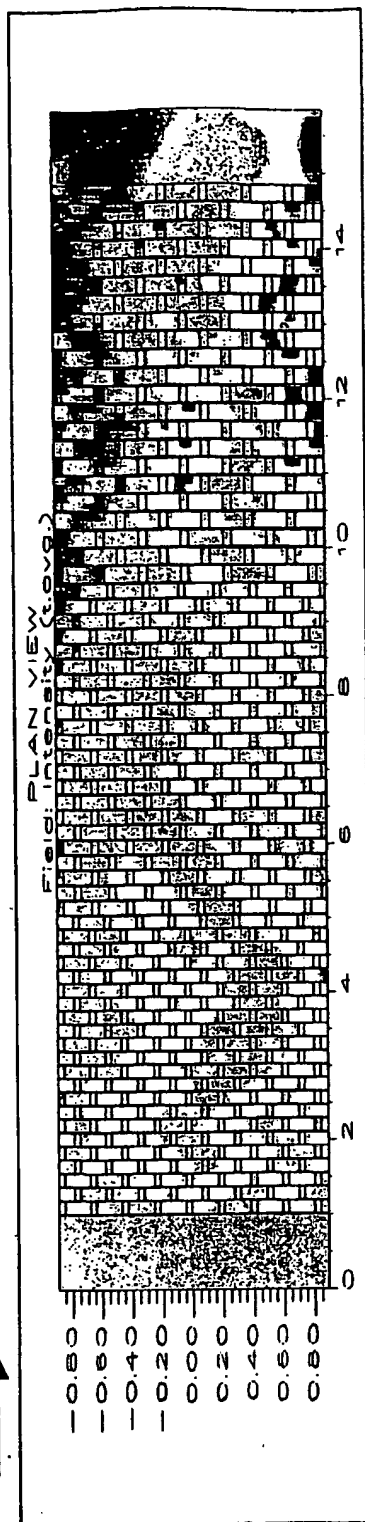
青色反射領域      綠色反射領域      赤色反射領域



第 5 2 図 B

$\lambda = 590\text{nm}$

FORWARD 



第53図A

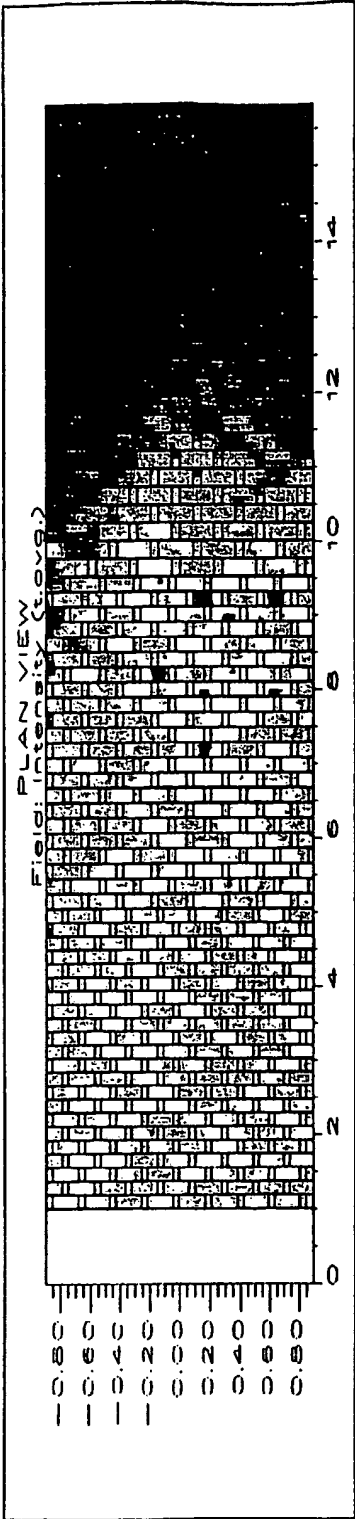
BACKWARD 



第53図B

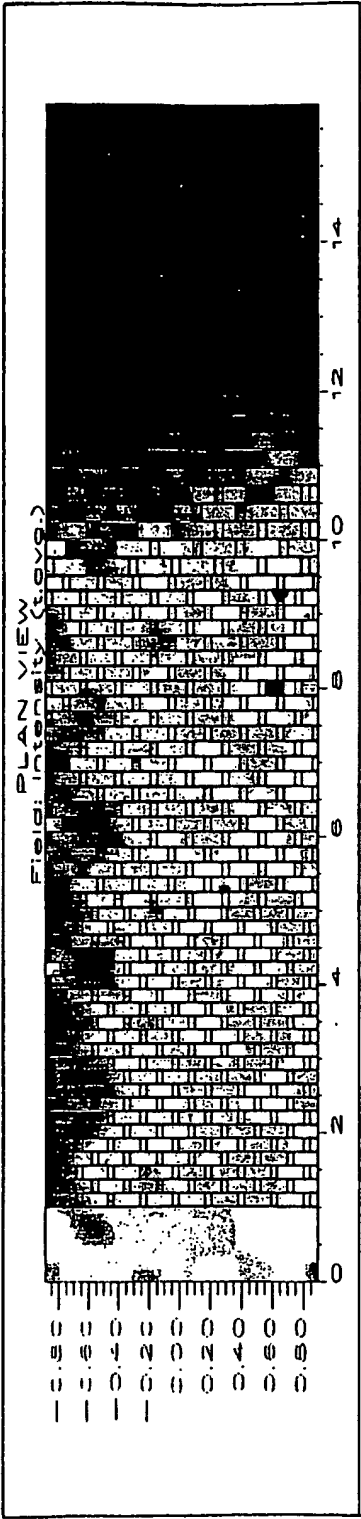
$\lambda = 623\text{nm}$

FORWARD  
↑



赤色反射領域  
綠色反射領域  
青色反射領域

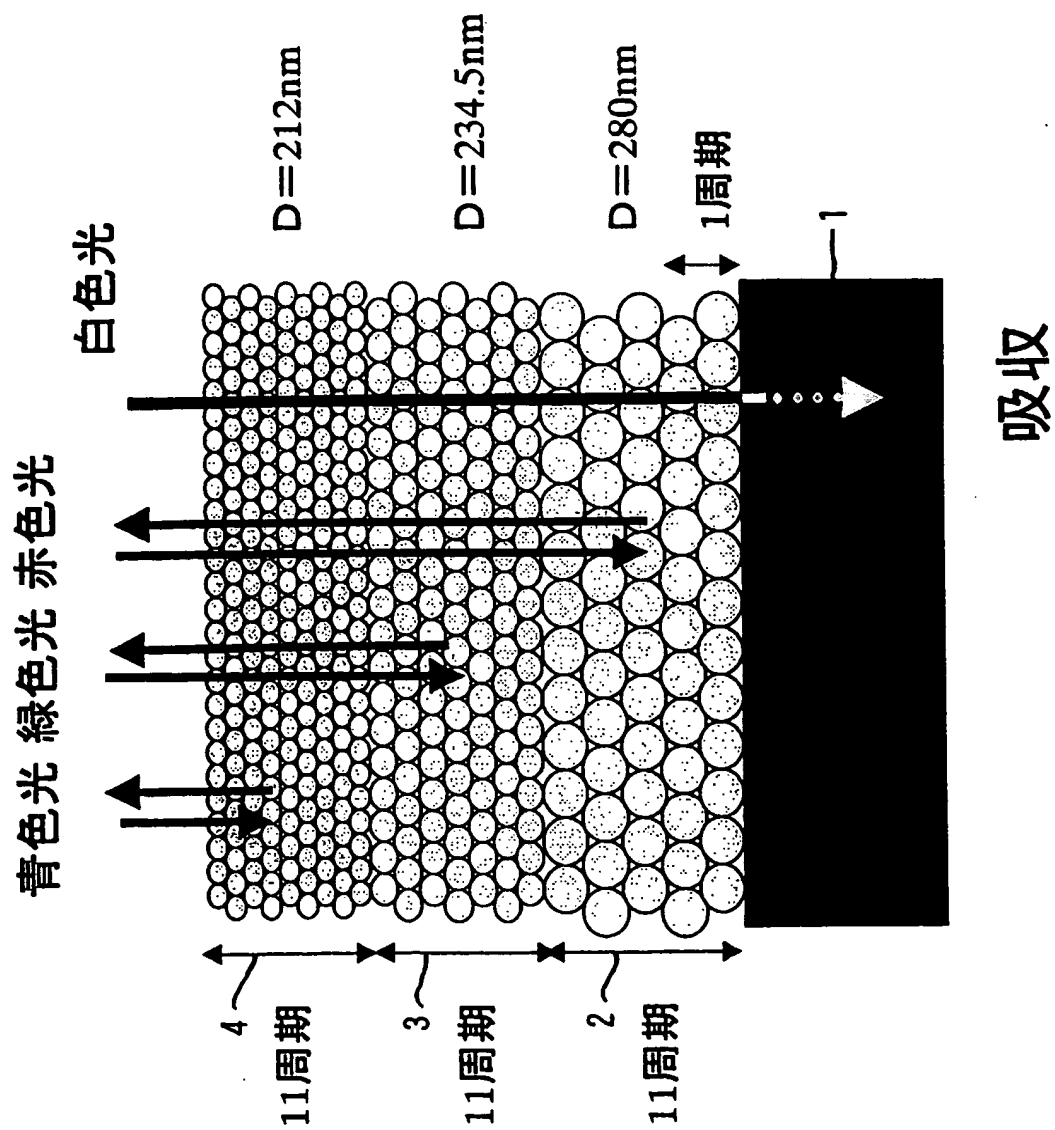
BACKWARD  
↓



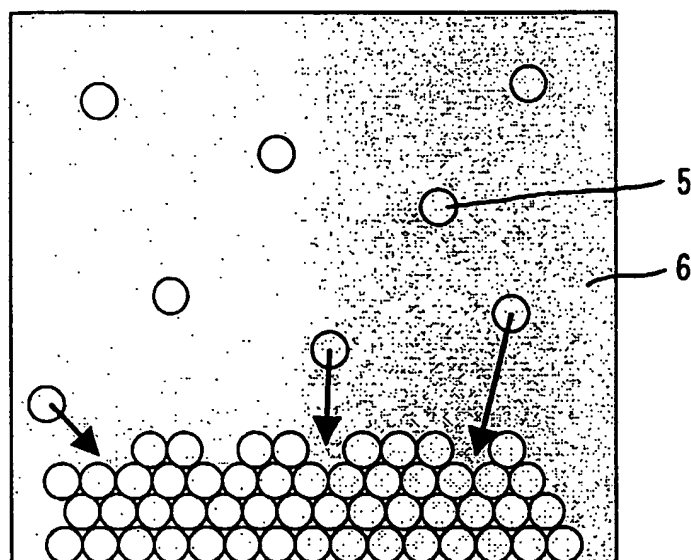
第54図A

第54図B

第55図



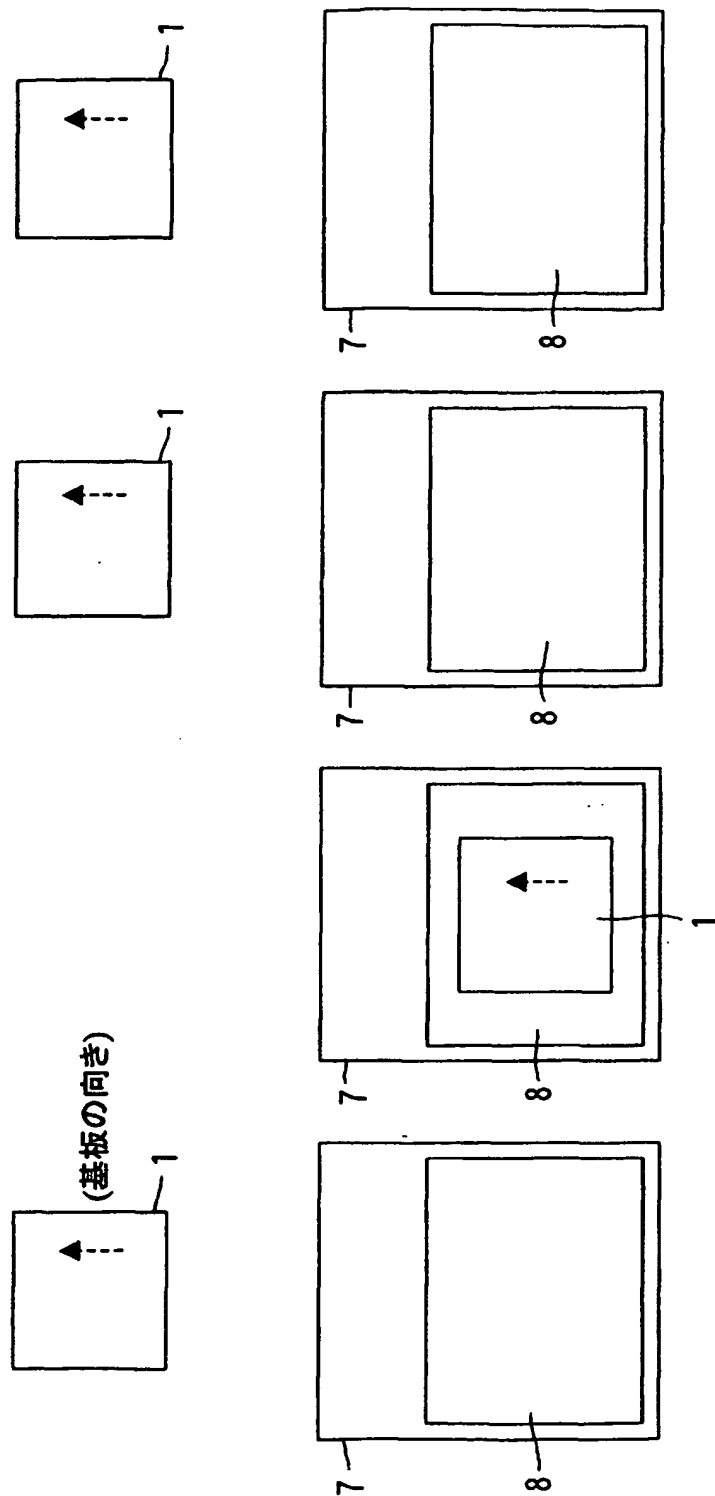
## 第56図



水溶液中でゆっくり堆積

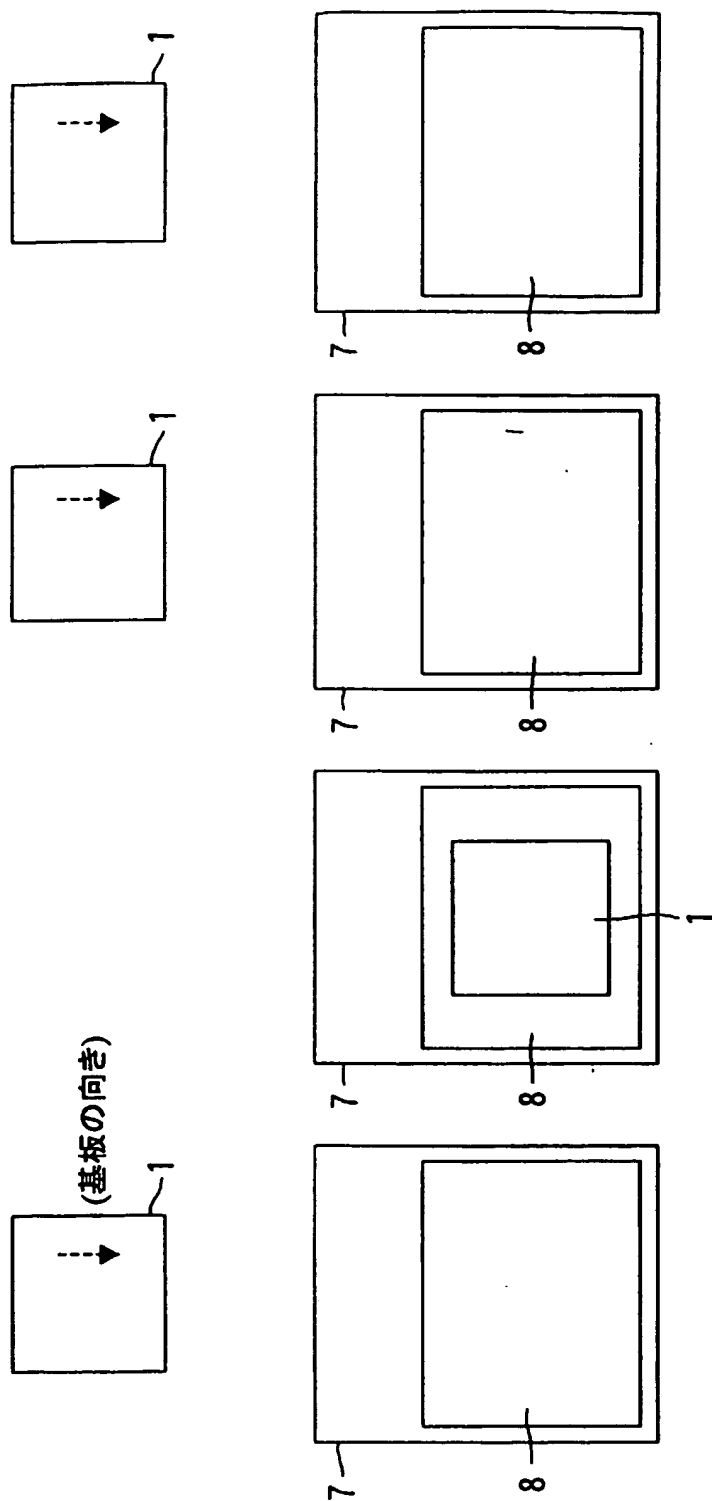


第57図A 第57図B 第57図C 第57図D



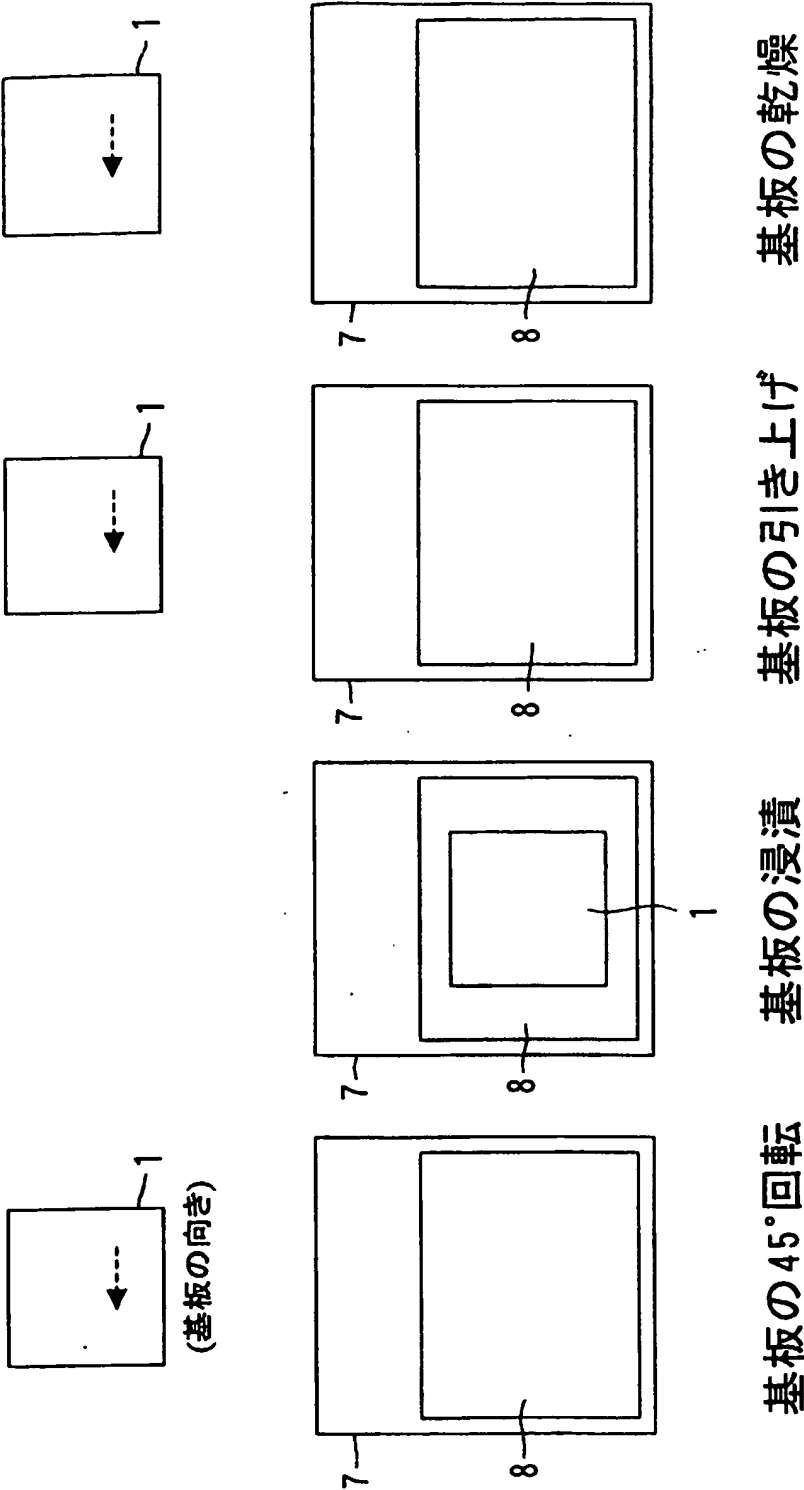
基板の浸漬 基板の引き上げ 基板の乾燥

第58図A 第58図B 第58図C 第58図D

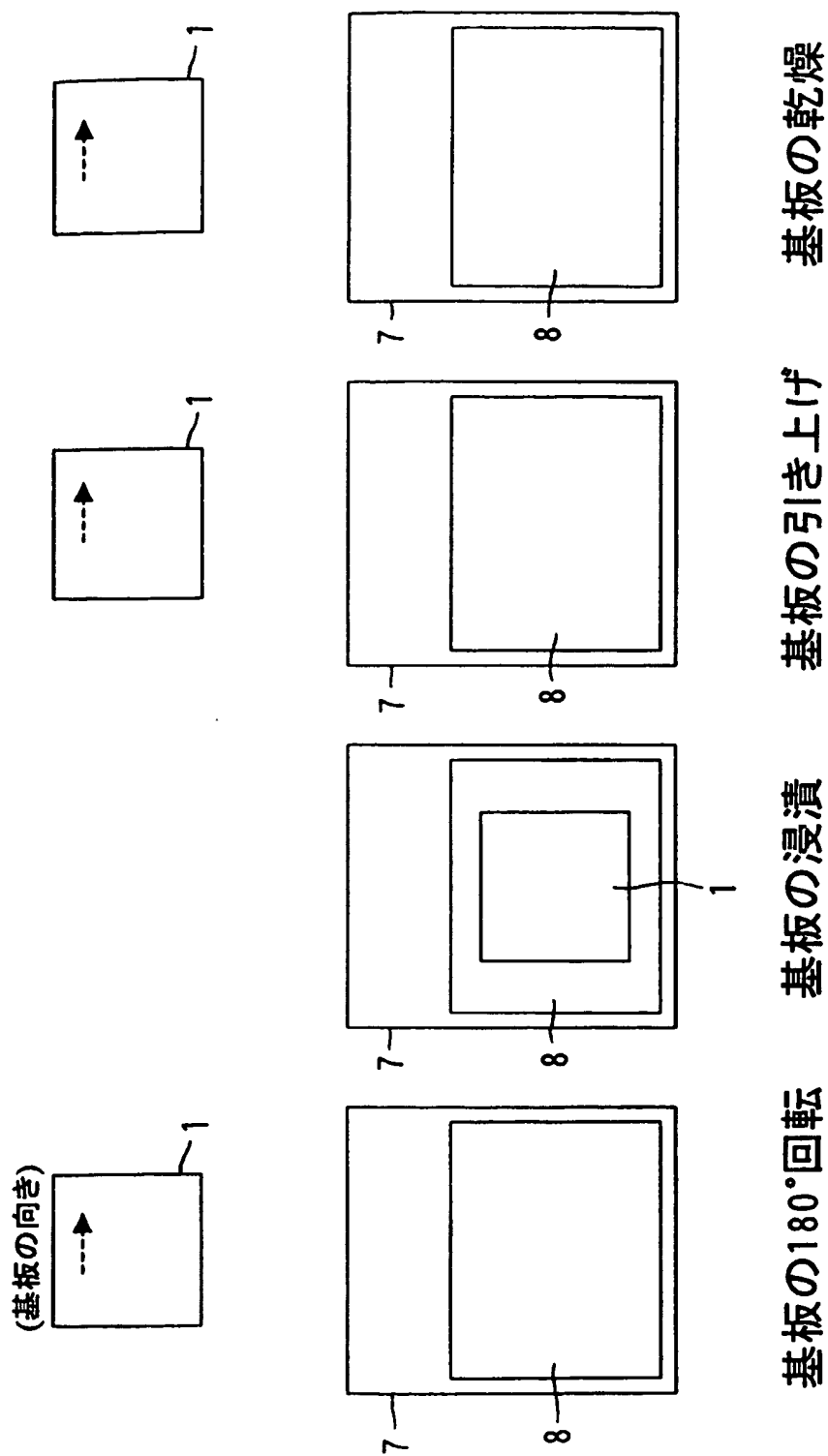


基板の180°回転 基板の浸漬 基板の引き上げ 基板の乾燥

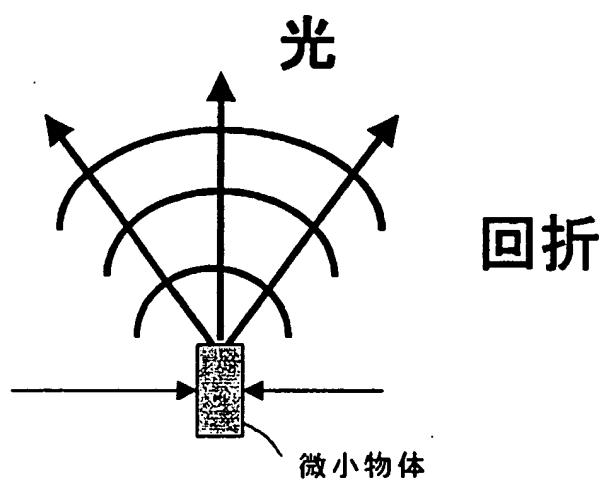
第59図A 第59図B 第59図C 第59図D



第60図A 第60図B 第60図C 第60図D

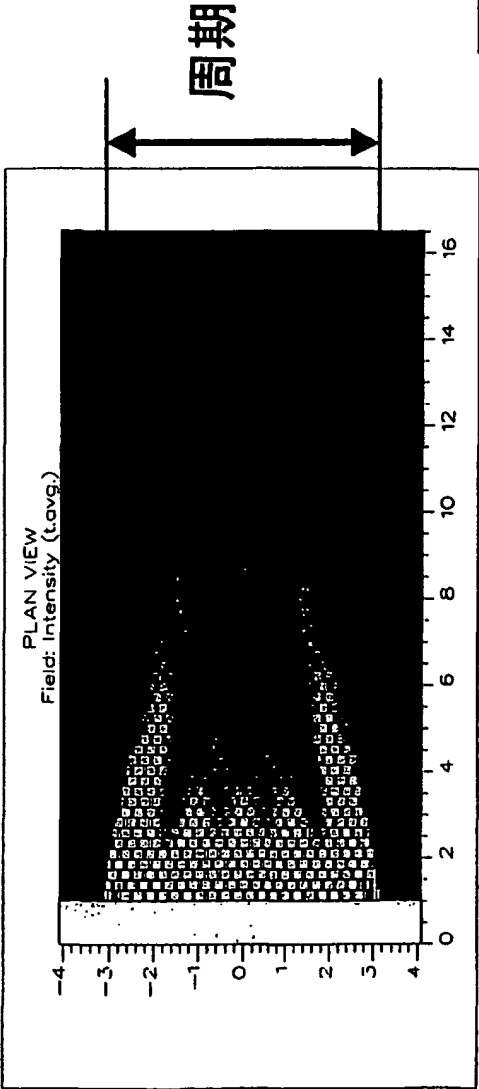


## 第 6 1 図



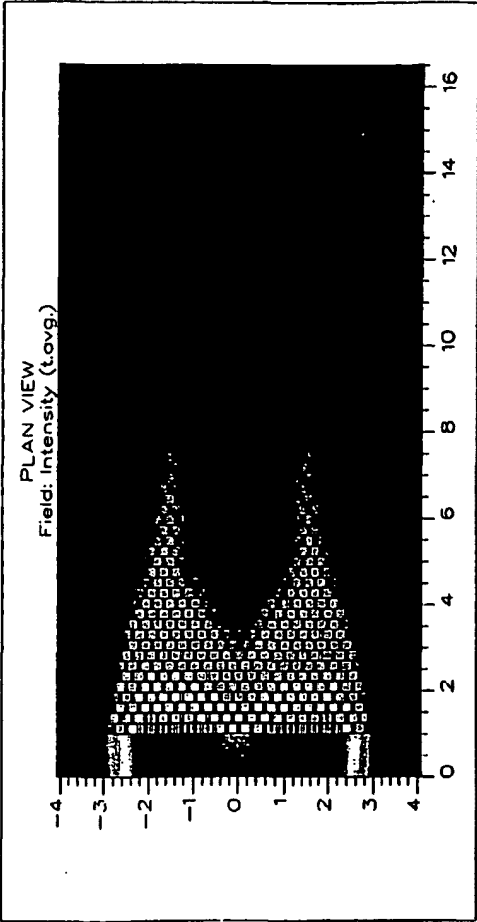
$\lambda = 625 \text{ nm}$

FORWARD



第 6 2 図 A

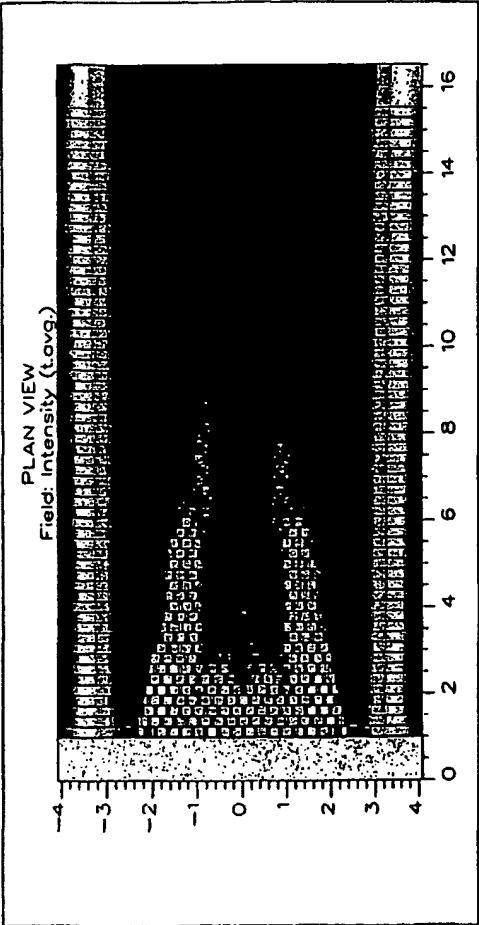
BACKWARD



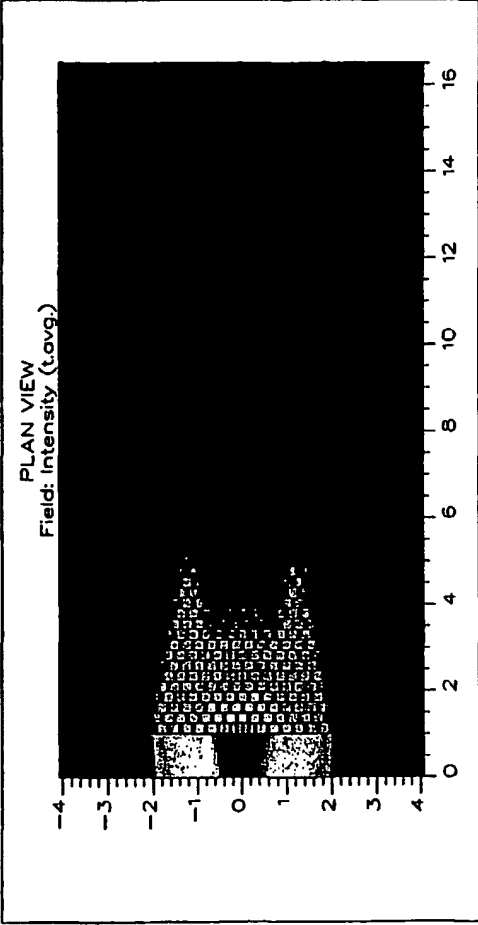
第 6 2 図 B

$\lambda = 625 \text{ nm}$

FORWARD



BACKWARD



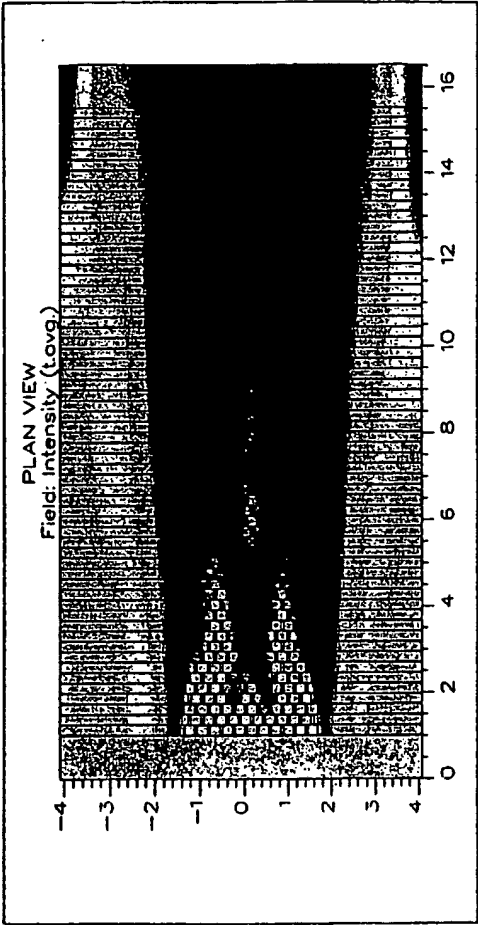
第 6 3 図 A

16周期

第 6 3 図 B

$\lambda = 625 \text{ nm}$

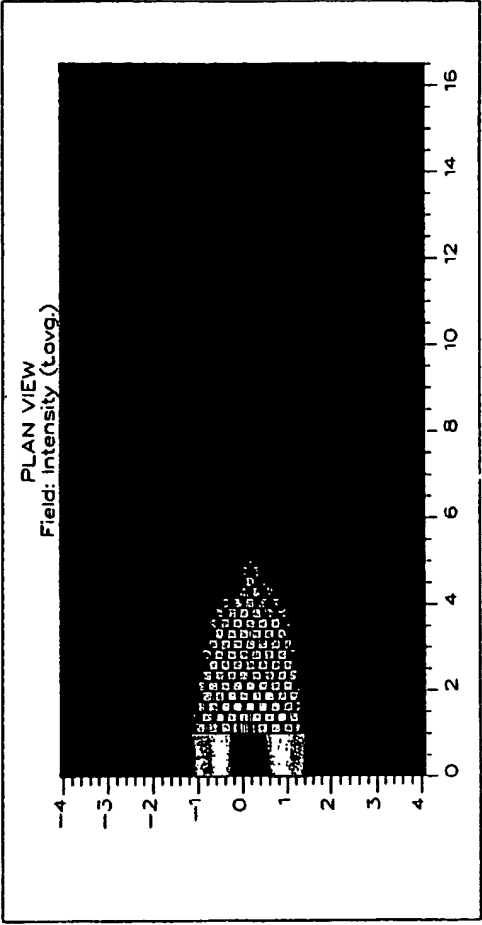
FORWARD



第 6 4 図 A

11周期

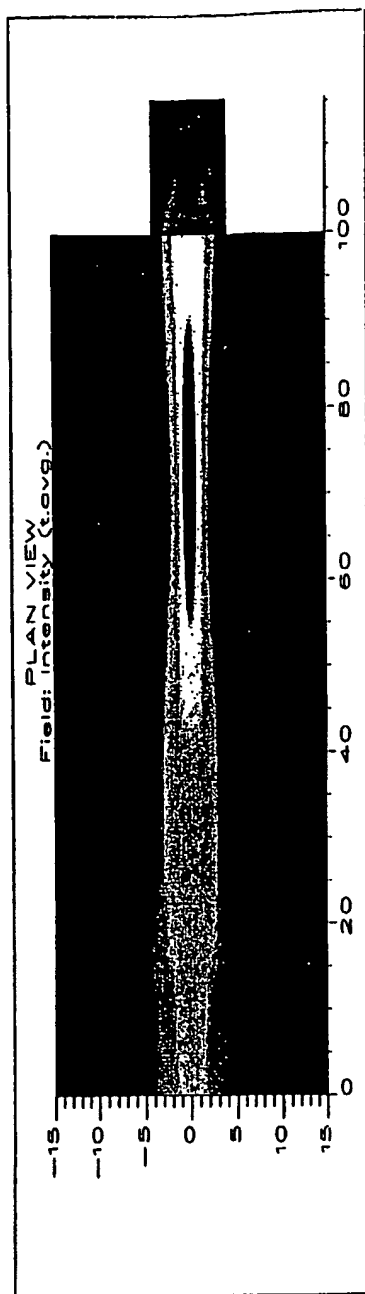
BACKWARD



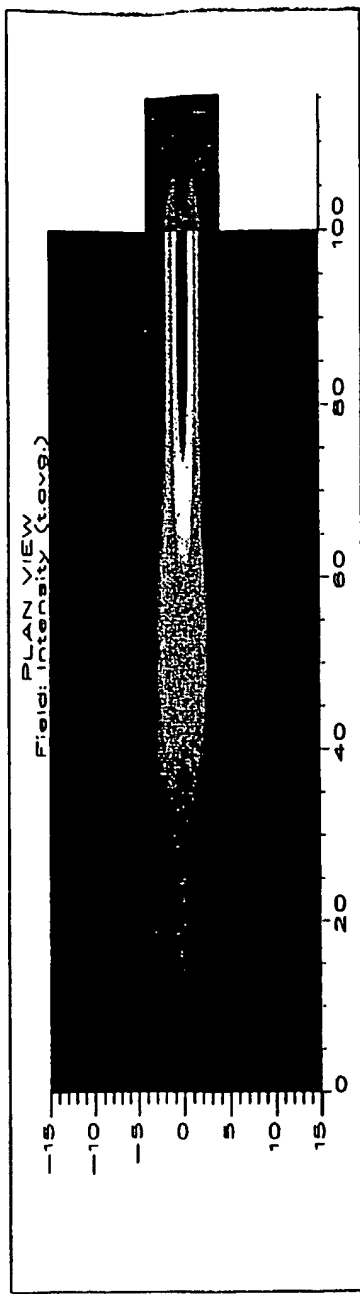
第 6 4 図 B



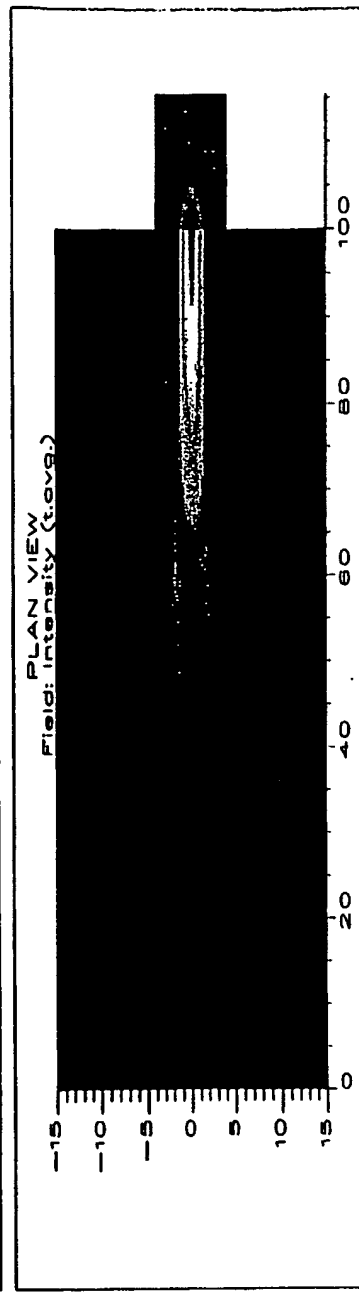
第65図A  
22周期  
FFP~8°



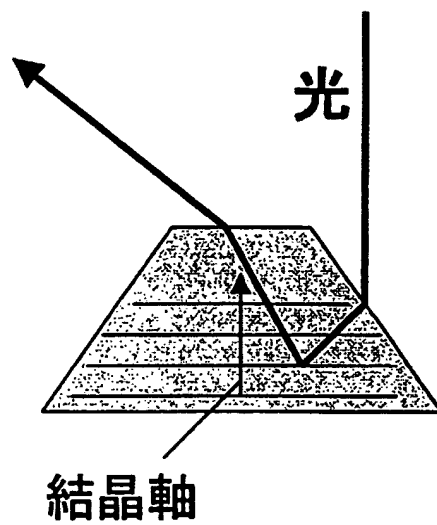
第65図B  
16周期  
FFP~11°



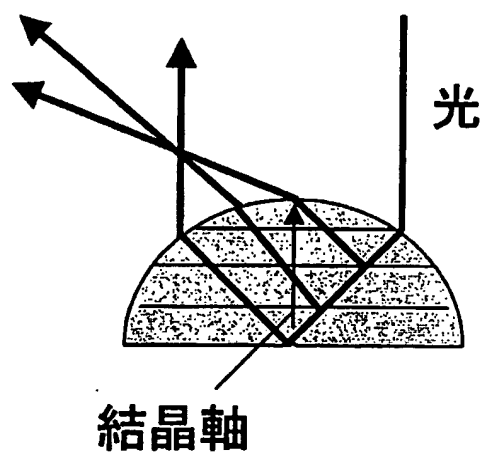
第65図C  
11周期  
FFP~17°



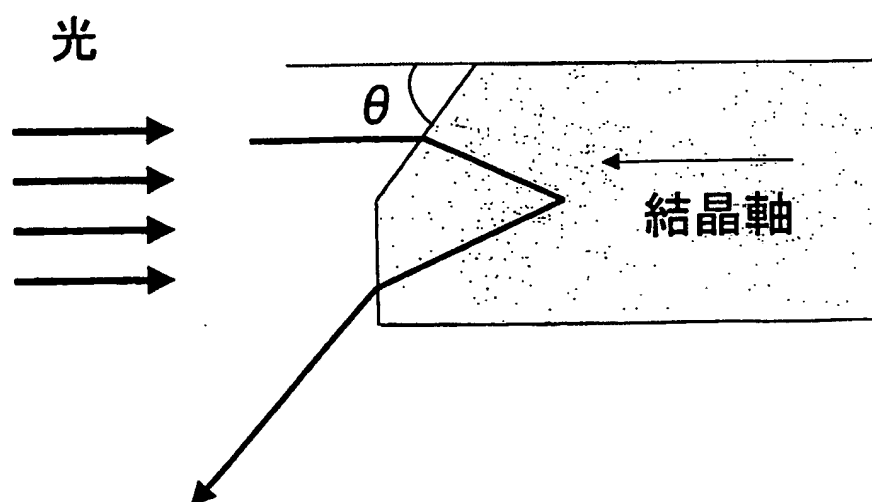
# 第 6 6 図



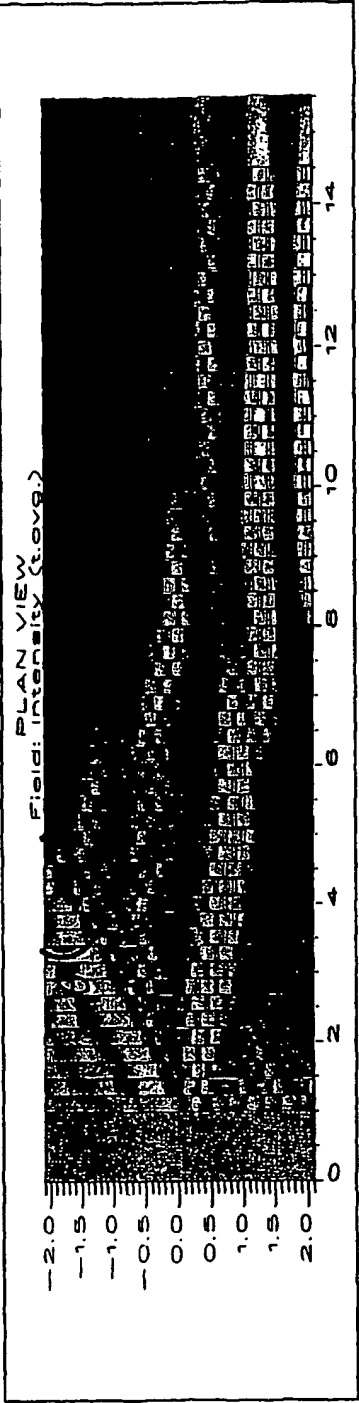
第 6 7 図



第 6 8 図

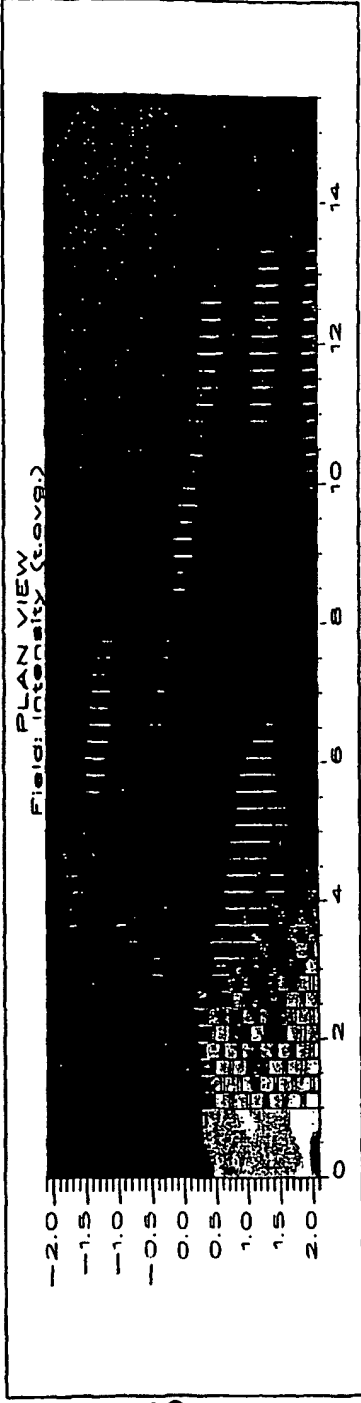


$\lambda = 625 \text{ nm}$   
 $\theta = 14.4^\circ$   
FORWARD



第 6 9 図 A

BACKWARD



第 6 9 図 B

フィルム 10 の裏側に予め接着剤を塗布して接着しても良い。更には、光学特性を良くするために、この拡散フィルム 10 の表面に、反射防止のための  $1/4$  波長コーティングを行っても良い。この場合、フィルム材の屈折率より低い屈折率の材料でコーティングする必要がある。

5 具体的には、たとえば  $\sim 100\text{ nm}$  の厚さの  $\text{SiO}_2$  ガラス膜を塗布や蒸着法でコーティングする。

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様であるので、説明を省略する。

次に、この発明の第 3 の実施形態によるスクリーンについて説明する。このスクリーンを第 94 図に示す。

10

第 94 図に示すように、この第 3 の実施形態によるスクリーンにおいては、微粒子層 4 の最上面に、二次元マイクロレンズアレイが形成されたマイクロレンズフィルム 11 が配置されている。このマイクロレンズフィルム 11 のマイクロレンズは凸レンズでも、凹レンズでも、

15 両者の複合でも良い。スクリーンから反射される光をこのマイクロレンズフィルム 11 により拡散させることで、指向性を緩和するとともに、スクリーン全体に均一な輝度を持たせることができ、ホットスポットをなくすることができる。また、このマイクロレンズフィルム 11 により、機械的なダメージで微粒子が剥がれるのを防止することが

20 できる。

このマイクロレンズフィルム 11 の材質は、可視光領域で透明なものであれば、基本的にはどのようなものであっても良い。たとえば、ポリカーボネートやポリエチレンテレフタレートやポリ塩化ビニルでも良い。このマイクロレンズフィルム 11 のマイクロレンズは画素サイズと同程度かそれより小さければ良く、たとえば、面内に  $0.1\text{ mm}$  程度の直径のレンズを密に配置すれば良い。更に特性を良くするた

25

めに、この表面には反射防止のための  $1/4$  波長コーティングを行っても良い。この場合、マイクロレンズフィルム 11 のレンズの屈折率より低い屈折率の材料でコーティングする必要がある。たとえば  $\sim 100\text{ nm}$  の厚さの  $\text{SiO}_2$  ガラス膜を塗布や蒸着法でコーティングしても良い。

マイクロレンズフィルム 11 の配置方法は第 2 の実施形態と同様である。

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様であるので、説明を省略する。

次に、この発明の第 4 の実施形態によるスクリーンについて説明する。このスクリーンを第 95 図に示す。

第 95 図に示すように、この第 4 の実施形態によるスクリーンにおいては、微粒子層 4 の最上面に、二次元マイクロプリズムアレイが形成されたマイクロプリズムフィルム 12 が配置されている。スクリーンから反射される光をこのマイクロプリズムフィルム 12 により拡散させることで、指向性を緩和するとともに、スクリーン全体に均一な輝度を持たせることができ、ホットスポットをなくすることができる。また、このマイクロプリズムフィルム 12 により、機械的なダメージで微粒子が剥がれるのを防止することができる。

このマイクロプリズムフィルム 12 の材質は、可視光領域で透明なものであれば、基本的にはどのようなものであっても良い。たとえば、ポリカーボネートやポリエチレンテレフタレートやポリ塩化ビニルでも良い。このマイクロプリズムフィルム 12 のマイクロプリズムは画素サイズと同程度かそれより小さければ良く、たとえば、面内に  $0.1\text{ mm}$  程度の直径のプリズムを密に配置すれば良い。更に特性を良くするために、この表面には反射防止のための  $1/4$  波長コーティング

を行っても良い。この場合、マイクロプリズムフィルム 12 のプリズムの屈折率より低い屈折率の材料でコーティングする必要がある。たとえば  $\sim 100\text{ nm}$  の厚さの  $\text{SiO}_2$  ガラス膜を塗布や蒸着法でコーティングしても良い。

- 5        マイクロプリズムフィルム 12 の配置方法は第 2 の実施形態と同様である。

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様であるので、説明を省略する。

- 10       次に、この発明の第 5 の実施形態によるスクリーンについて説明する。このスクリーンを第 96 図に示す。

- 15       上述の第 1 ないし第 4 の実施形態においては、基板 1 上に赤色反射用の微粒子層 2、緑色反射用の微粒子層 3 および青色反射用の微粒子層 4 を縦方向（基板に垂直な方向）に積層しているが、この第 5 の実施形態においては、これらの微粒子層 2～4 を基板 1 上に横方向（基  
20       板に平行な方向）に配置する。

すなわち、第 96 図に示すように、この第 5 の実施形態によるスクリーンにおいては、基板 1 上に、赤色反射用の微粒子層 2、緑色反射用の微粒子層 3 および青色反射用の微粒子層 4 が横方向に配置されている。

- 20       これらの微粒子層 2～4 の平面形状および平面配列パターンの例を第 97 図に示す。第 97 図 A に示す例では、ストライプ状の平面形状の微粒子層 2～4 を交互に配列している。ここで、ストライプ状の微粒子層 2～4 の幅は画素サイズの  $1/3$  の大きさかそれより小さければ良い。第 97 図 B に示す例では、長方形の平面形状の微粒子層 2～  
25       4 を格子状に配列している。ここで、長方形の微粒子層 2～4 の大きさは画素サイズの  $1/3$  の大きさと同等かそれより小さければ良い。

第 9 7 図 C に示す例では、正方形の平面形状の微粒子層 2 ～ 4 を格子状に配列している。ここで、正方形の微粒子層 2 ～ 4 の大きさは画素サイズの  $1/3$  の大きさと同等かそれより小さければ良い。

5 基板 1 上に微粒子層 2 ～ 4 を形成するためには、たとえば、インクジェット方式で各色用の微粒子を基板 1 上に塗り分けても良いし、スクリーン印刷やグラビア印刷を用いて塗り分けても良い。あるいは、各微粒子層 2 ～ 4 のパターンに対応した開口を有するマスクを用意し、これらのマスクを用いて各色用の微粒子を三回塗布しても良い。

10 上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様であるので、説明を省略する。

この第 5 の実施形態によれば、三原色用の微粒子層 2 ～ 4 が基板 1 上に横方向に配置されているので、三原色の微粒子層 2 ～ 4 を基板 1 上に縦方向に積層した場合に比べて、トータルな微粒子層の縦方向の厚さが小さくなり、それによって光の散乱などによる損失が減ること  
15 から、光の吸収を効率的に行うことができる。

次に、この発明の第 6 の実施形態によるスクリーンについて説明する。このスクリーンを第 9 8 図に示す。

第 9 8 図に示すように、この第 6 の実施形態によるスクリーンにおいては、微粒子層 2 ～ 4 において、微粒子 5 の間の隙間がバインダー 1 3 により埋められている。ここで重要なことは、このバインダー 1 3 の材料としては、微粒子の屈折率と異なる屈折率を持つ材料を用いることである。具体的には、たとえば、微粒子がシリカ微粒子である場合には、バインダー 1 3 として、ポリプロピレンやポリエチレンやポリイソブチレンやポリ酢酸ビニルなどのポリオレフィン系材料を用  
20 いることができる。

このスクリーンを製造するには、たとえば、基板 1 上に微粒子層 2



～ 4 を形成した後にこれらの微粒子層 2 ～ 4 にバインダー材料を溶かした溶液を染み込ませて固化させる方法や、予め微粒子（たとえば、シリカ微粒子）のコロイド溶液にこのバインダー材料を溶かした溶液を入れて微粒子の堆積とともに微粒子 5 の隙間を埋める方法などがある。

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様であるので、説明を省略する。

この第 6 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様な利点に加えて、微粒子 5 の間の隙間がバインダー 1 3 により埋められていることにより、スクリーンの機械的な強度の向上を図ることができるとともに、微粒子 5 の材料に対してバインダー 1 3 の屈折率を制御して反射スペクトルの半値幅を狭くすることができるなど光学特性の向上を図ることができるという利点を得ることができる。

次に、この発明の第 7 の実施形態によるスクリーンについて説明する。このスクリーンを第 9 9 図に示す。

第 9 9 図に示すように、この第 7 の実施形態によるスクリーンにおいては、第 9 8 図に示すスクリーンの微粒子層 2 ～ 4 における微粒子 5 に相当する部分が空洞 1 4 になっており、いわゆるインバースオパール構造となっている。

このスクリーンを製造するためには、たとえば、基板 1 上に微粒子層 2 ～ 4 を形成し、更にこれらの微粒子層 2 ～ 4 にバインダー材料を溶かした溶液を染み込ませて固化させることにより微粒子 5 の隙間をバインダー 1 3 で埋めた後、所定のエッチング液、たとえばフッ酸溶液に入れて微粒子（たとえば、シリカ微粒子）を溶かせば良い。

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様であるので、説明を省略する。

この第 7 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様な利点に加えて、微粒子に相当する空洞 1 4 とバインダー 1 3 との屈折率差は空気とバインダー 1 3 との屈折率差となるので、微粒子 5 がシリカ微粒子などである場合に比べて、大きい屈折率差を得ることができる。このため、必要な反射を起こさせるために必要な微粒子層の周期をより少なくすることができ、ひいてはスクリーンをより薄型化することができる。

次に、この発明の第 8 の実施形態によるスクリーンについて説明する。このスクリーンを第 1 0 0 図に示す。

第 1 0 0 図に示すように、この第 8 の実施形態によるスクリーンにおいては、基板として、透明基板 1 5 の裏面に吸収層 1 6 を設けたものが用いられている。この吸収層 1 6 としては、三原色以外の波長の光を吸収することができるものが用いられ、たとえばカーボン膜が用いられる。より具体的には、透明基板 1 5 はたとえば透明なガラス基板やポリカーボネート基板であり、吸収層 1 6 はそれらの裏面にコーティングしたカーボン膜である。

ここで、吸収層 1 6 の厚さはその材料に応じて三原色以外の波長の光を十分に吸収することができるように選ばれるが、吸収層 1 6 としてカーボン膜を用いる場合の厚さについて説明すると、次のとおりである。すなわち、カーボンの吸収係数  $\alpha$  は、その作製方法に依存するが、一般に  $10^3 \sim 10^5 \text{ cm}^{-1}$  である。光強度  $P$  は、光が吸収層 1 6 を進んだ距離を  $x$  とすると  $P(x)/P(0) = \exp(-\alpha x)$  と表されるから、 $\alpha = 10^5 \text{ cm}^{-1}$  の場合、十分な吸収として  $1/e$  ( $e$  : 自然対数の底) まで光強度を弱めるためにはカーボン膜の厚さ  $d$  を  $0.1 \mu\text{m}$  とすれば良い。したがって、最低  $d = 0.1 \mu\text{m}$  が必要となる。更に、 $\alpha = 10^3 \text{ cm}^{-1}$  でも  $1/e$  まで光強度を弱めるた

めにはカーボン膜の厚さを  $d = 10 \mu\text{m}$  とすることが必要となる。これらのことから、カーボン膜の厚さを  $0.1 \mu\text{m}$  以上、好適には  $10 \mu\text{m}$  以上にする必要がある。

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様である  
5       ので、説明を省略する。

この第 8 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様な利点に加えて、基板自体が光吸収を起こすものでなくとも良いので、基板の材料の選択の自由度が高くなるという利点を得ることができる。

次に、この発明の第 9 の実施形態によるスクリーンについて説明す  
10       る。このスクリーンを第 101 図に示す。

第 101 図に示すように、この第 9 の実施形態によるスクリーンにおいては、基板として、表面がサンド加工により粗面化処理された黒い（三原色以外の波長の光を吸収することができる）PET フィルム 17 が用いられている。ここで、サンド加工とは、やすりなどで擦って表面を荒らす加工のことである。この PET フィルム 17 の表面の凹凸の高さはたとえば  $0.8 \sim 4 \mu\text{m}$  である。この場合、サンド加工により粗面化処理された PET フィルム 17 の表面は濡れ性が良好であるため、シリカ微粒子などの微粒子 5 が分散された水溶液 6 が塗布されやすくなる。更に、PET フィルム 17 の表面の凹凸により光の  
15       指向性が緩和されるため、ホットスポットが発生しにくくなる。  
20       

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様である  
      ので、説明を省略する。

この第 9 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様な利点に加えて、基板として、安価な PET フィルム 17 を用いているので、スク  
25       リーンを安価に製造することができるという利点を得ることができる。

次に、この発明の第 10 の実施形態によるスクリーンについて説明

する。このスクリーンを第 1 0 2 図に示す。

上述の第 1 の実施形態においては、基板 1 上に赤色反射用の微粒子層 2、緑色反射用の微粒子層 3 および青色反射用の微粒子層 4 を縦方向に順次積層しているが、これらの微粒子層 2～4 の積層順序は必ずしもこのようにする必要はなく、微粒子 5 の配列性（結晶性）の観点からは、むしろ積層順序を逆にするのが望ましい。そこで、この第 1 0 の実施形態においては、微粒子層 2～4 の積層順序を逆にした場合について説明する。

すなわち、第 1 0 2 図に示すように、この第 1 0 の実施形態によるスクリーンにおいては、基板 1 上に、青色反射用の微粒子層 4、緑色反射用の微粒子層 3 および赤色反射用の微粒子層 2 が順次積層されている。この場合、青色反射用の微粒子層 4 の微粒子 5 は最も小さいため、この微粒子 5 を基板 1 上に配列させると、微粒子層 4 の表面の凹凸が最も小さいことになる。このように凹凸が小さい下地表面に、次に大きい、緑色反射用の微粒子層 3 の微粒子 5 を配列させた場合、その配列性が乱れにくくなり、結晶性が良くなる。同様に、この微粒子層 3 上に、次に大きい、赤色反射用の微粒子層 2 の微粒子 5 を配列させた場合にも、その配列性が乱れにくく、結晶性が良くなる。このようにして、微粒子層 2～4 のいずれの結晶性も良くすることができる。

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様であるので、説明を省略する。

この第 1 0 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様な利点に加えて、微粒子層 2～4 のいずれの結晶性も良好であることから、反射スペクトルの半値幅が狭く、効率的に三原色を反射させることができるとともに、それ以外の光は基板 1 で吸収することができるという利点を得ることができる。

次に、この発明の第 11 の実施形態によるスクリーンについて説明する。このスクリーンを第 103 図に示す。

第 103 図に示すように、この第 11 の実施形態によるスクリーンにおいては、基板 1 上に、バッファ層 18 を介して、赤色反射用の微  
5 粒子層 2、緑色反射用の微粒子層 3 および青色反射用の微粒子層 4 が  
順次積層されている。ここで、バッファ層 18 は、青色反射用の微粒子層 4 の微粒子より小さい直径、具体的にはたとえば  $D = 120 \text{ nm}$  の微粒子による微粒子層からなる。

このスクリーンを製造するには、基板 1 上にまずバッファ層 18 と  
10 しての微粒子層を堆積させた後、その上に微粒子層 2 ~ 4 を堆積させる。

上記以外のことは、第 1 の実施形態によるスクリーンと同様であるので、説明を省略する。

この第 11 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様な利点に加  
15 えて、次のような利点を得ることができる。すなわち、基板 1 上に微粒子層からなるバッファ層 18 を堆積させ、その上に微粒子層 2 ~ 4 を堆積させているため、基板 1 上に微粒子層 2 ~ 4 を直接堆積させる場合に比べて、微粒子層 2 ~ 4 を形成する下地の濡れ性が向上する。  
このため、結晶性の良好な微粒子層 2 ~ 4 を得ることができる。また、  
20 バッファ層 18 としての微粒子層の微粒子の直径は、青色反射用の微粒子層 4 より小さい  $D = 120 \text{ nm}$  であるため、スクリーンに光を投射したときのこのバッファ層 18 からのブラッグ反射の波長は可視光の波長より短く、スクリーン特性に影響を及ぼさない。

次に、この発明の第 12 の実施形態による画像表示システムについて説明する。この画像表示システムの構成を第 104 図に示す。第 1  
25 05 図にこの画像表示システムの斜視図を示す。

第104図および第105図に示すように、この第12の実施形態による画像表示システムは、第1～第11の実施形態のいずれかによるスクリーン19とこのスクリーン19に画像を投射するためのプロジェクター20とからなる。プロジェクター20は、赤色、緑色および青色の光を発光可能な光源21と集光および投射用のレンズ22、23とを備えている。光源21は、赤色、緑色および青色の光を発光可能な半導体発光素子、すなわち半導体レーザまたは発光ダイオードからなる。より具体的には、光源21として半導体レーザを用いる場合を考えると、赤色用の半導体レーザとしてはたとえばAlGaInP系半導体レーザが、緑色用の半導体レーザとしてはたとえばZnSe系半導体レーザが、青色用の半導体レーザとしてはたとえばGaN系半導体レーザが用いられる。

以上、この発明の実施形態につき具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

たとえば、上述の実施形態において挙げた数値、構造、形状、材料、微粒子の堆積方法などはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これらと異なる数値、構造、形状、材料、微粒子の堆積方法などを用いても良い。

また、上述の第3の実施形態においては微粒子層4の最上面にマイクロレンズフィルム11を配置し、上述の第4の実施形態においては微粒子層4の最上面にマイクロプリズムフィルム12を配置しているが、マイクロレンズとマイクロプリズムとが混在したフィルムを微粒子層4の最上面に配置するようにしても良い。

以上説明したように、この発明によれば、画像に関係ない外部の光がスクリーンに入射したときでも画像のコントラストが劣化すること

がなく黒の沈んだ綺麗な画像を得ることができる。また、必ずしも暗室で投影する必要がなく、通常の蛍光灯の下や屋外でもコントラストが劣化しない。

- 更に、半導体レーザやLEDなど半値幅の狭くて色純度の良い光で
- 5 投影することで画像を形成している場合、効率良く選択的に画像の光だけを反射させて他の波長の光をカットすることで高コントラストを維持するとともに黒が良く沈むことになる。その上、たとえば液晶プロジェクターなどの各三原色のスペクトル半値幅が広い光を投影しても、色度図上の色再現性が良くなり、純粋な色を表現することができ
- 10 る。

## 請 求 の 範 囲

1. 大きさが  $1\text{ }\mu\text{m}$  以下の微粒子を規則的に配列した構造を有することを特徴とするスクリーン。
- 5 2. 自己組織化により上記微粒子を規則的に配列した構造を有することを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。
3. 上記微粒子を最密構造に配列した構造を有することを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。
4. 赤、緑および青の三原色に対応した波長の光を同時に反射することができるよう、上記微粒子の直径が 3 種類存在する構造を有することを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。
- 10 5. 上記微粒子としてシリカまたはシリカと同じ屈折率を持つ微粒子を用いたことを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。
6. 赤色反射用として  $269 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以上  $314 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以下の直径の微粒子、緑色反射用として  $224 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以上  $251 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以下の直径の微粒子、青色反射用として  $202 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以上  $224 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以下の直径の微粒子（ただし、 $n$  は微粒子の屈折率）を用いたことを特徴とする請求の範囲 5 記載のスクリーン。
- 15 7. 赤色反射用として  $278 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以上  $305 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以下の直径の微粒子、緑色反射用として  $224 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以上  $237 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以下の直径の微粒子、青色反射用として  $208 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以上  $217 \times (1.36/n)\text{ nm}$  以下の直径の微粒子（ただし、 $n$  は微粒子の屈折率）を用いたことを特徴とする請求の範囲 5 記載のスクリー
- 20
- 25



ン。

8. 基板上に縦方向に赤色反射用の微粒子層、緑色反射用の微粒子層および青色反射用の微粒子層が積層されていることを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。

5 9. 基板上に縦方向に赤色反射用の微粒子層、緑色反射用の微粒子層および青色反射用の微粒子層が順次積層されていることを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。

10 10. 基板上に縦方向に青色反射用の微粒子層、緑色反射用の微粒子層および赤色反射用の微粒子層が順次積層されていることを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。

11. 積層周期が 8 以上 15 以下であることを特徴とする請求の範囲 8 記載のスクリーン。

15 12. 基板上に横方向に赤色反射用の微粒子層、緑色反射用の微粒子層および青色反射用の微粒子層が配列されていることを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。

13. 積層周期が 8 以上 15 以下であることを特徴とする請求の範囲 12 記載のスクリーン。

20 14. 上記赤色反射用の微粒子層、緑色反射用の微粒子層および青色反射用の微粒子層はストライプ状、長方形または正方形の形状を有し、これらの微粒子層が上記基板上に所定の配列パターンで配列されていることを特徴とする請求の範囲 12 記載のスクリーン。

15. 可視光を吸収する層またはバルク基板を有することを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。

25 16. 上記可視光を吸収する層またはバルク基板はすべての波長域の可視光を吸収することを特徴とする請求の範囲 15 記載のスクリーン。

17. 上記可視光を吸収する層またはバルク基板が上記微粒子の下に

あることを特徴とする請求の範囲 1 5 記載のスクリーン。

1 8 . 上記基板が透明基板の裏面に可視光を吸収する層が設けられたものであることを特徴とする請求の範囲 8 または 1 2 記載のスクリーン。

5     1 9 . 上記基板が P E T フィルムであることを特徴とする請求の範囲 8 または 1 2 記載のスクリーン。

2 0 . 上記基板の表面に濡れ性を向上させるための凹凸または膜が設けられていることを特徴とする請求の範囲 8 または 1 2 記載のスクリーン。

10    2 1 . 上記微粒子層上に光拡散媒体が設けられていることを特徴とする請求の範囲 8 または 1 2 記載のスクリーン。

2 2 . 上記光拡散媒体が拡散フィルムであることを特徴とする請求の範囲 2 1 記載のスクリーン。

15    2 3 . 上記光拡散媒体がマイクロレンズフィルムであることを特徴とする請求の範囲 2 1 記載のスクリーン。

2 4 . 上記光拡散媒体がマイクロプリズムフィルムであることを特徴とする請求の範囲 2 1 記載のスクリーン。

2 5 . 上記微粒子の間の隙間が結合剤により埋められていることを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。

20    2 6 . 上記微粒子が空洞からなることを特徴とする請求の範囲 2 5 記載のスクリーン。

2 7 . 上記微粒子の集合体を有することを特徴とする請求の範囲 1 記載のスクリーン。

25    2 8 . 上記微粒子の集合体の横方向の大きさが 2 2 周期より小さいことを特徴とする請求の範囲 2 7 記載のスクリーン。

2 9 . 上記微粒子の集合体はその結晶軸に対して斜めの面とそれとは

異なる角度を持つ面とを併せ持つことを特徴とする請求の範囲 27 記載のスクリーン。

30. 上記斜めの面の角度  $\theta$  が  $70^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  の範囲であることを特徴とする請求の範囲 29 記載のスクリーン。

5     31. 上記微粒子の集合体が曲面を持つことを特徴とする請求の範囲 27 記載のスクリーン。

32. 上記微粒子の集合体の結晶軸が光の入射方向に対して  $77.4^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  の範囲の角度  $\alpha$  傾いていることを特徴とする請求の範囲 27 記載のスクリーン。

10    33. 上記微粒子の集合体にうねりを持たせたことを特徴とする請求の範囲 27 記載のスクリーン。

34. 上記基板上に、バッファ層を介して、赤色反射用の微粒子層、緑色反射用の微粒子層および青色反射用の微粒子層が設けられていることを特徴とする請求の範囲 8 または 12 記載のスクリーン。

15    35. 上記バッファ層は、 $208 \times (1.36/n)$  nm 以下の直径の微粒子（ただし、 $n$  は微粒子の屈折率）の層からなることを特徴とする請求の範囲 34 記載のスクリーン。

36. フォトニック結晶を用いて特定の波長の光を反射するように構成されていることを特徴とするスクリーン。

20    37. 上記フォトニック結晶は微粒子を規則的に配列した構造を有することを特徴とする請求の範囲 36 記載のスクリーン。

38. 自己組織化により上記微粒子を規則的に配列した構造を有することを特徴とする請求の範囲 37 記載のスクリーン。

25    39. 上記微粒子を最密構造に配列した構造を有することを特徴とする請求の範囲 37 記載のスクリーン。

40. 赤、緑および青の三原色に対応した波長の光を同時に反射する

ことができるように、上記フォトニック結晶の周期が３種類存在する構造を有することを特徴とする請求の範囲３６記載のスクリーン。

４１．基板上に縦方向に赤色反射用のフォトニック結晶、緑色反射用のフォトニック結晶および青色反射用のフォトニック結晶が積層されていることを特徴とする請求の範囲３６記載のスクリーン。

４２．基板上に縦方向に赤色反射用のフォトニック結晶、緑色反射用のフォトニック結晶および青色反射用のフォトニック結晶が順次積層されていることを特徴とする請求の範囲３６記載のスクリーン。

４３．基板上に縦方向に青色反射用のフォトニック結晶、緑色反射用のフォトニック結晶および赤色反射用のフォトニック結晶が順次積層されていることを特徴とする請求の範囲３６記載のスクリーン。

４４．積層周期が８以上１５以下であることを特徴とする請求の範囲４１記載のスクリーン。

４５．基板上に横方向に赤色反射用のフォトニック結晶、緑色反射用のフォトニック結晶および青色反射用のフォトニック結晶が配列されていることを特徴とする請求の範囲３６記載のスクリーン。

４６．積層周期が８以上１５以下であることを特徴とする請求の範囲４５記載のスクリーン。

４７．上記赤色反射用のフォトニック結晶、緑色反射用のフォトニック結晶および青色反射用のフォトニック結晶はストライプ状、長方形または正方形の形状を有し、これらのフォトニック結晶が上記基板上に所定の配列パターンで配列されていることを特徴とする請求の範囲４５記載のスクリーン。

４８．可視光を吸収する層またはバルク基板を有することを特徴とする請求の範囲３６記載のスクリーン。

４９．上記可視光を吸収する層またはバルク基板はすべての波長域の

可視光を吸収することを特徴とする請求の範囲 4 8 記載のスクリーン。

50. 上記可視光を吸収する層またはバルク基板が上記微粒子の下にあることを特徴とする請求の範囲 4 8 記載のスクリーン。

51. 上記基板が透明基板の裏面に可視光を吸収する層が設けられたものであることを特徴とする請求の範囲 4 1 または 4 5 記載のスクリーン。

52. 上記基板が P E T フィルムであることを特徴とする請求の範囲 4 1 または 4 5 記載のスクリーン。

53. 上記基板の表面に濡れ性を向上させるための凹凸または膜が設けられていることを特徴とする請求の範囲 4 1 または 4 5 記載のスクリーン。

54. 上記フォトニック結晶上に光拡散媒体が設けられていることを特徴とする請求の範囲 4 1 または 4 5 記載のスクリーン。

55. 上記光拡散媒体が拡散フィルムであることを特徴とする請求の範囲 5 4 記載のスクリーン。

56. 上記光拡散媒体がマイクロレンズフィルムであることを特徴とする請求の範囲 5 4 記載のスクリーン。

57. 上記光拡散媒体がマイクロプリズムフィルムであることを特徴とする請求の範囲 5 4 記載のスクリーン。

58. 上記フォトニック結晶の横方向の大きさが 2 2 周期より小さいことを特徴とする請求の範囲 3 6 記載のスクリーン。

59. 上記フォトニック結晶はその結晶軸に対して斜めの面とそれとは異なる角度を持つ面とを併せ持つことを特徴とする請求の範囲 3 6 記載のスクリーン。

60. 上記斜めの面の角度  $\theta$  が  $70^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  の範囲であることを特徴とする請求の範囲 5 9 記載のスクリーン。

- 6 1. 上記フォトニック結晶が曲面を持つことを特徴とする請求の範囲 3 6 記載のスクリーン。
- 6 2. 上記フォトニック結晶の結晶軸が光の入射方向に対して  $77.4^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  の範囲の角度  $\alpha$  傾いていることを特徴とする請求の
- 5 範囲 3 6 記載のスクリーン。
- 6 3. 上記フォトニック結晶にうねりを持たせたことを特徴とする請求の範囲 3 6 記載のスクリーン。
- 6 4. 誘電体多層膜を用いて特定の波長の光を反射するように構成されていることを特徴とするスクリーン。
- 10 6 5. 上記誘電体多層膜の周期構造が 1 0 周期以上であることを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。
- 6 6. 赤、緑および青の三原色に対応した波長の光を同時に反射することができるように、上記誘電体多層膜の周期が 3 種類存在する構造を有することを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。
- 15 6 7. 基板上に縦方向に赤色反射用の誘電体多層膜、緑色反射用の誘電体多層膜および青色反射用の誘電体多層膜が積層されていることを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。
- 6 8. 基板上に縦方向に赤色反射用の誘電体多層膜、緑色反射用の誘電体多層膜および青色反射用の誘電体多層膜が順次積層されているこ
- 20 とを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。
- 6 9. 基板上に縦方向に青色反射用の誘電体多層膜、緑色反射用の誘電体多層膜および赤色反射用の誘電体多層膜が順次積層されていることを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。
- 7 0. 基板上に横方向に赤色反射用の誘電体多層膜、緑色反射用の誘電体多層膜および青色反射用の誘電体多層膜が配列されていることを
- 25 特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。

- 7 1. 上記赤色反射用の誘電体多層膜、緑色反射用の誘電体多層膜および青色反射用の誘電体多層膜はストライプ状、長方形または正方形の形状を有し、これらの誘電体多層膜が上記基板上に所定の配列パターンで配列されていることを特徴とする請求の範囲 7 0 記載のスクリーン。
- 5
- 7 2. 可視光を吸収する層またはバルク基板を有することを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。
- 7 3. 上記可視光を吸収する層またはバルク基板はすべての波長域の可視光を吸収することを特徴とする請求の範囲 7 2 記載のスクリーン。
- 10
- 7 4. 上記可視光を吸収する層またはバルク基板が上記微粒子の下にあることを特徴とする請求の範囲 7 2 記載のスクリーン。
- 7 5. 上記基板が透明基板の裏面に可視光を吸収する層が設けられたものであることを特徴とする請求の範囲 6 7 または 7 0 記載のスクリーン。
- 15
- 7 6. 上記基板が P E T フィルムであることを特徴とする請求の範囲 6 7 または 7 0 記載のスクリーン。
- 7 7. 上記基板の表面に濡れ性を向上させるための凹凸または膜が設けられていることを特徴とする請求の範囲 6 7 または 7 0 記載のスクリーン。
- 20
- 7 8. 上記誘電体多層膜上に光拡散媒体が設けられていることを特徴とする請求の範囲 6 7 または 7 0 記載のスクリーン。
- 7 9. 上記光拡散媒体が拡散フィルムであることを特徴とする請求の範囲 7 8 記載のスクリーン。
- 8 0. 上記光拡散媒体がマイクロレンズフィルムであることを特徴とする請求の範囲 7 8 記載のスクリーン。
- 25
- 8 1. 上記光拡散媒体がマイクロプリズムフィルムであることを特徴

とする請求の範囲 7 8 記載のスクリーン。

8 2 . 上記誘電体多層膜はその結晶軸に対して斜めの面とそれとは異なる角度を持つ面とを併せ持つことを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。

5      8 3 . 上記斜めの面の角度  $\theta$  が  $70^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  の範囲であることを特徴とする請求の範囲 8 2 記載のスクリーン。

8 4 . 上記誘電体多層膜が曲面を持つことを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。

10      8 5 . 上記誘電体多層膜の結晶軸が光の入射方向に対して  $77.4^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  の範囲の角度  $\alpha$  傾いていることを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。

8 6 . 上記誘電体多層膜にうねりを持たせたことを特徴とする請求の範囲 6 4 記載のスクリーン。

15      8 7 . 大きさが  $1 \mu\text{m}$  以下の微粒子を規則的に配列した構造を有するスクリーンの製造方法であって、

    上記微粒子を自己組織化により配列するようにしたことを特徴とするスクリーンの製造方法。

8 8 . 大きさが  $1 \mu\text{m}$  以下の微粒子を規則的に配列した構造を有するスクリーンの製造方法であって、

20      2 重量%以上の微粒子溶液中に基板を浸漬する第 1 の工程と、  
    上記基板を気相中に  $30 \mu\text{m/s}$  以上の速度で引き上げることによりその表面を上記微粒子溶液で濡らす第 2 の工程と、

    上記微粒子溶液で濡れた上記基板を気相中で乾燥させる第 3 の工程とを有することを特徴とするスクリーンの製造方法。

25      8 9 . 上記第 1 の工程から上記第 3 の工程を必要な光学特性または厚さを有する微粒子層が形成されるまで繰り返すようにしたことを特徴



とする請求の範囲 88 記載のスクリーンの製造方法。

90. 上記基板の浸漬前、浸漬中または引き上げ直後のいずれかの時に、上記基板をその面内で回転させることにより上記基板の向きを変えるようにしたことを特徴とする請求の範囲 88 記載のスクリーンの製造方法。

91. 上記基板の浸漬前に上記基板の表面に濡れ性を向上させる処理を施すようにしたことを特徴とする請求の範囲 88 記載のスクリーンの製造方法。

92. 大きさが  $1\ \mu\text{m}$  以下の微粒子を規則的に配列した構造を有するスクリーンと、

上記微粒子の大きさおよび配列により決まる特定の波長の光を発光する半導体発光素子からなる投射用光源とを有することを特徴とする画像表示システム。

93. フォトニック結晶を用いて特定の波長の光を反射するように構成されているスクリーンと、

上記特定の波長の光を発光する半導体発光素子からなる投射用光源とを有することを特徴とする画像表示システム。

94. 誘電体多層膜を用いて特定の波長の光を反射するように構成されているスクリーンと、

上記特定の波長の光を発光する半導体発光素子からなる投射用光源とを有することを特徴とする画像表示システム。

95. 特定の波長の電磁波を反射する規則的に配列された微粒子を有することを特徴とするスクリーン。

96. 上記電磁波は可視光であることを特徴とする請求の範囲 95 記載のスクリーン。

97. 第 1 の波長の電磁波を反射する規則的に配列された第 1 の微粒

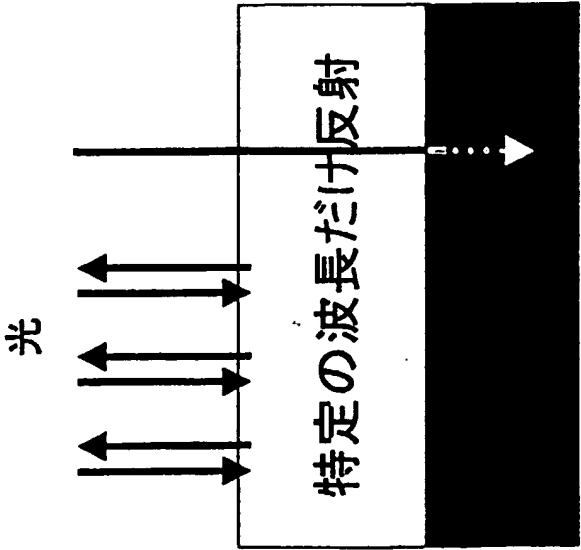
子と、

上記第 1 の波長と異なる第 2 の波長の電磁波を反射する規則的に配列された第 2 の微粒子とを有し、

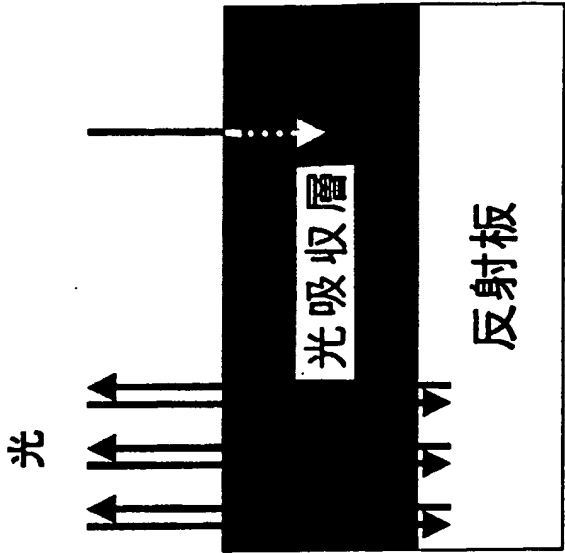
5 上記第 1 の微粒子の直径と上記第 2 の微粒子の直径とが互いに異なることを特徴とするスクリーン。

98. 上記第 1 の波長の電磁波および上記第 2 の波長の電磁波は可視光であることを特徴とする請求の範囲 97 記載のスクリーン。

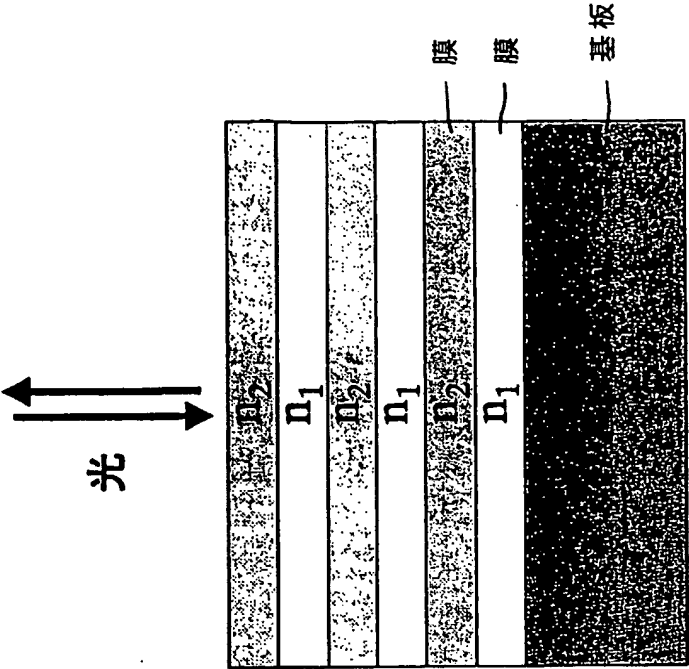
第1図A



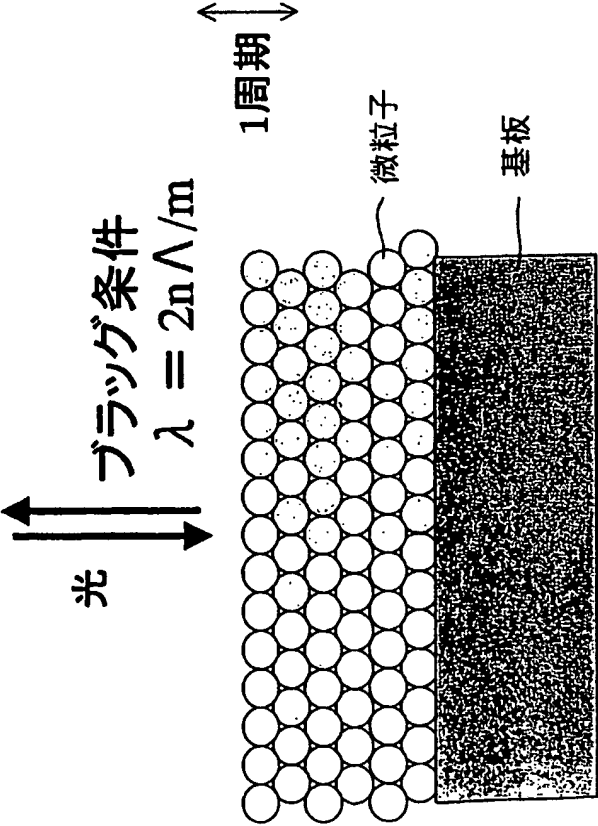
第1図B



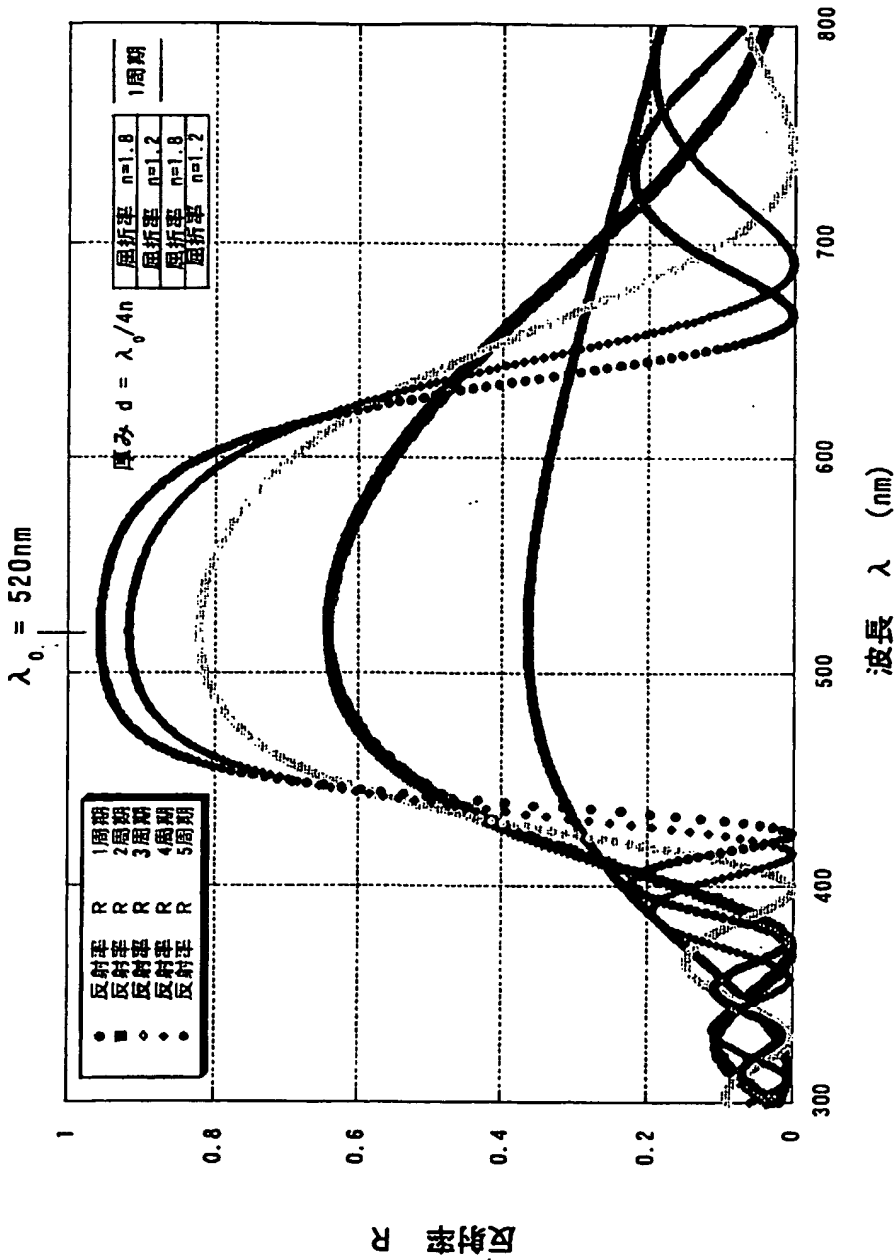
第2図B



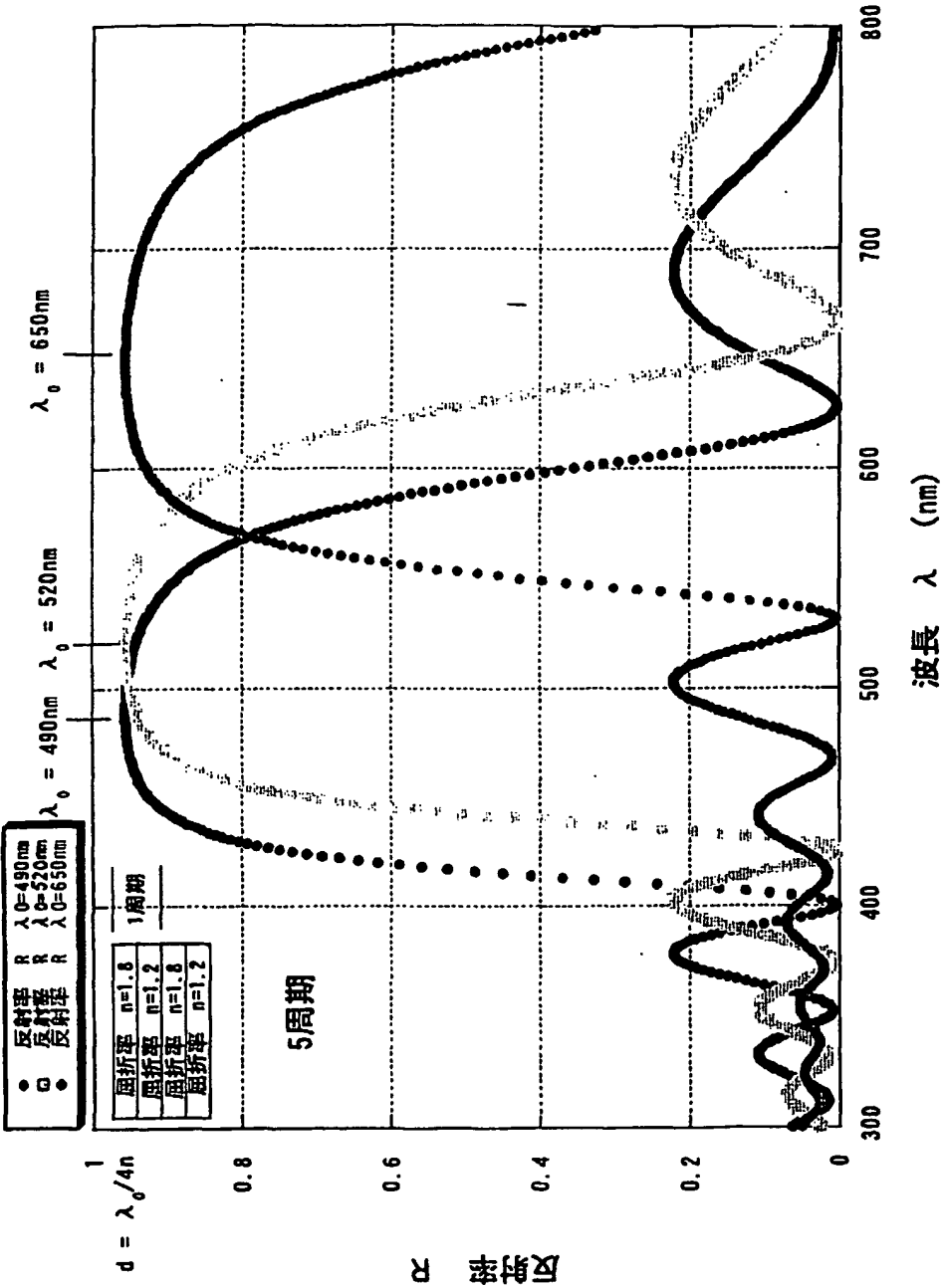
第2図A



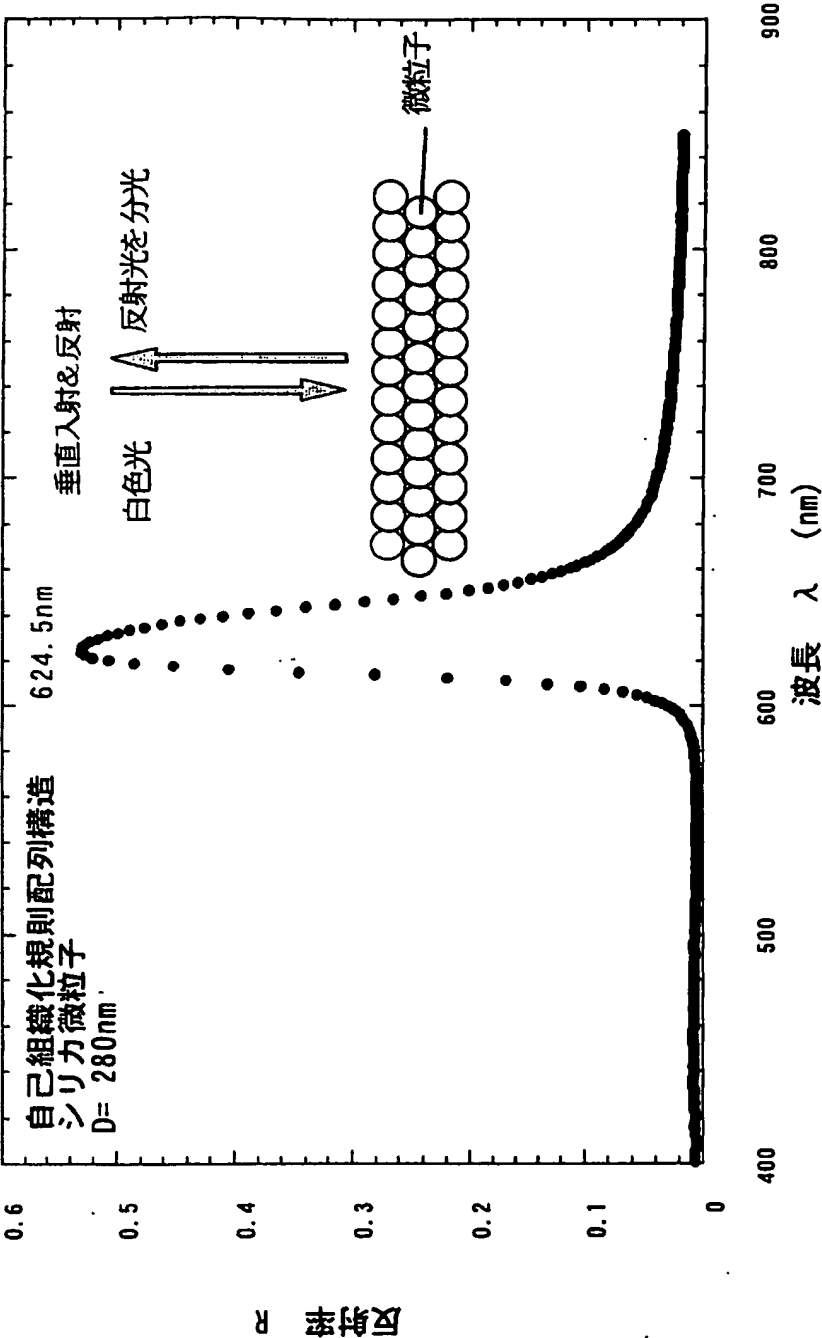
第3図



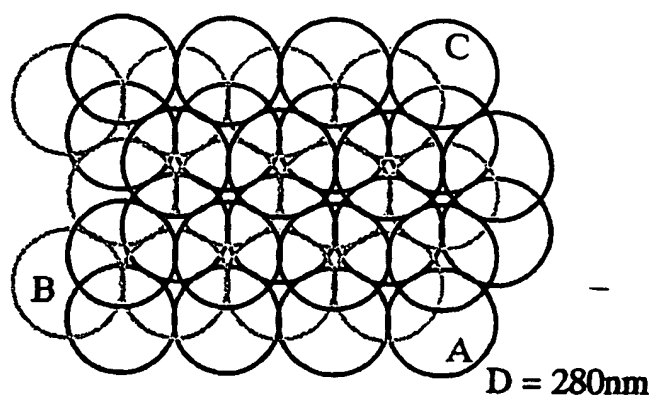
第4図



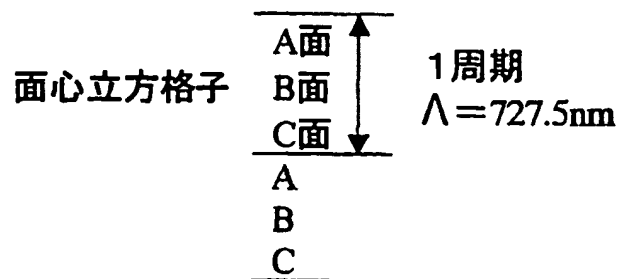
第5図



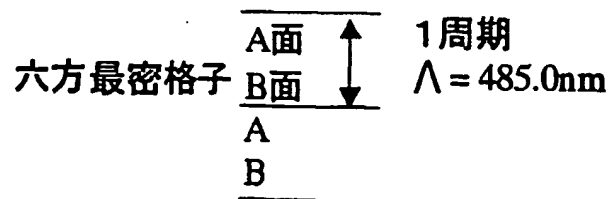
第 6 図 A



第 6 図 B

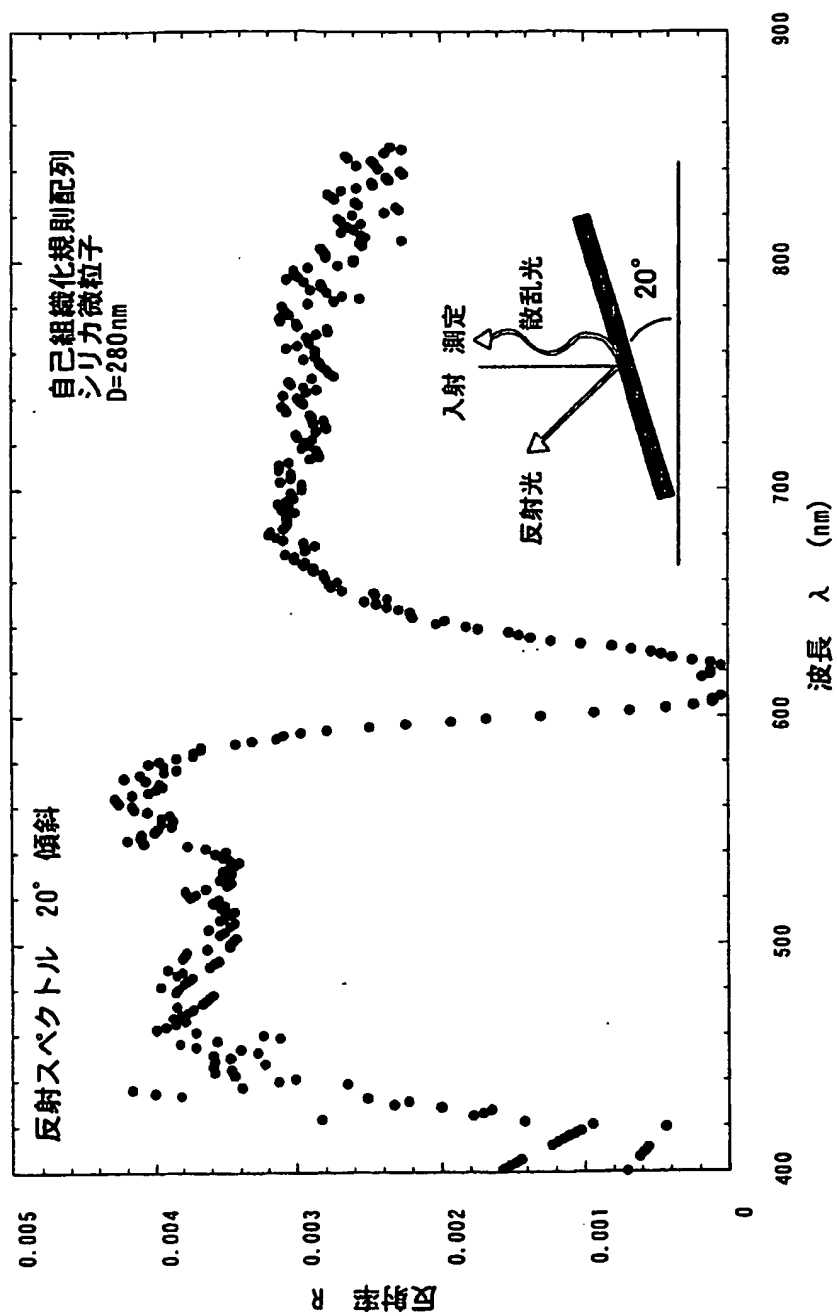


第 6 図 C

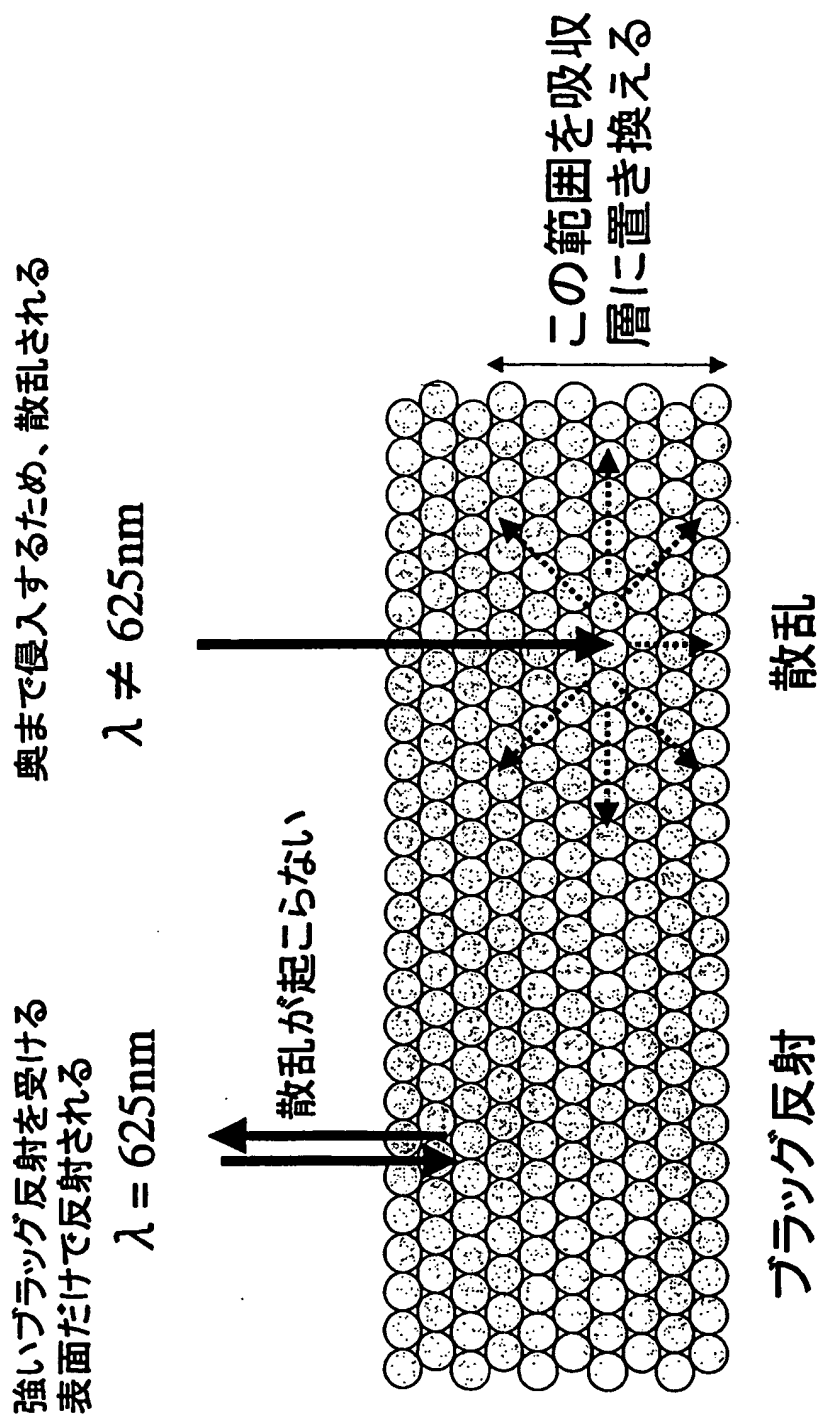




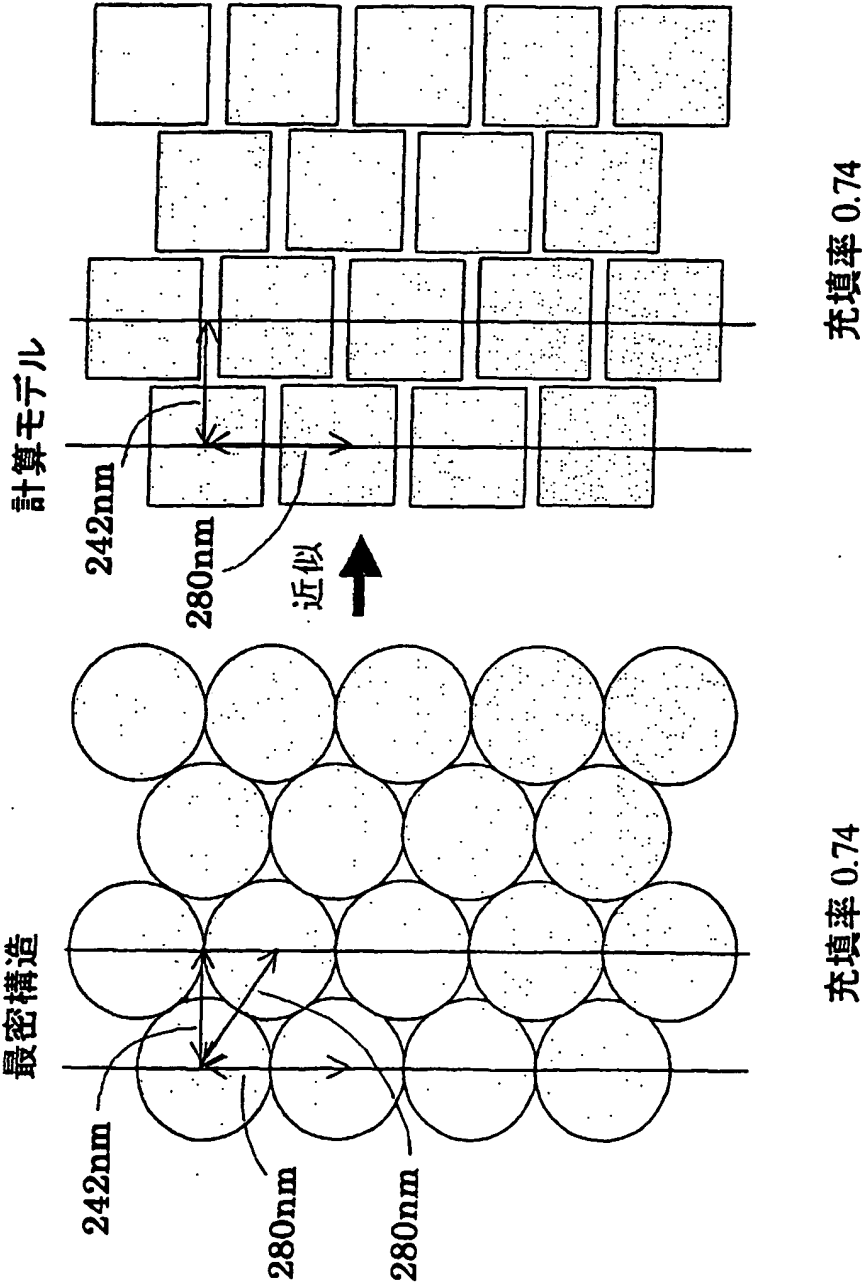
第7図



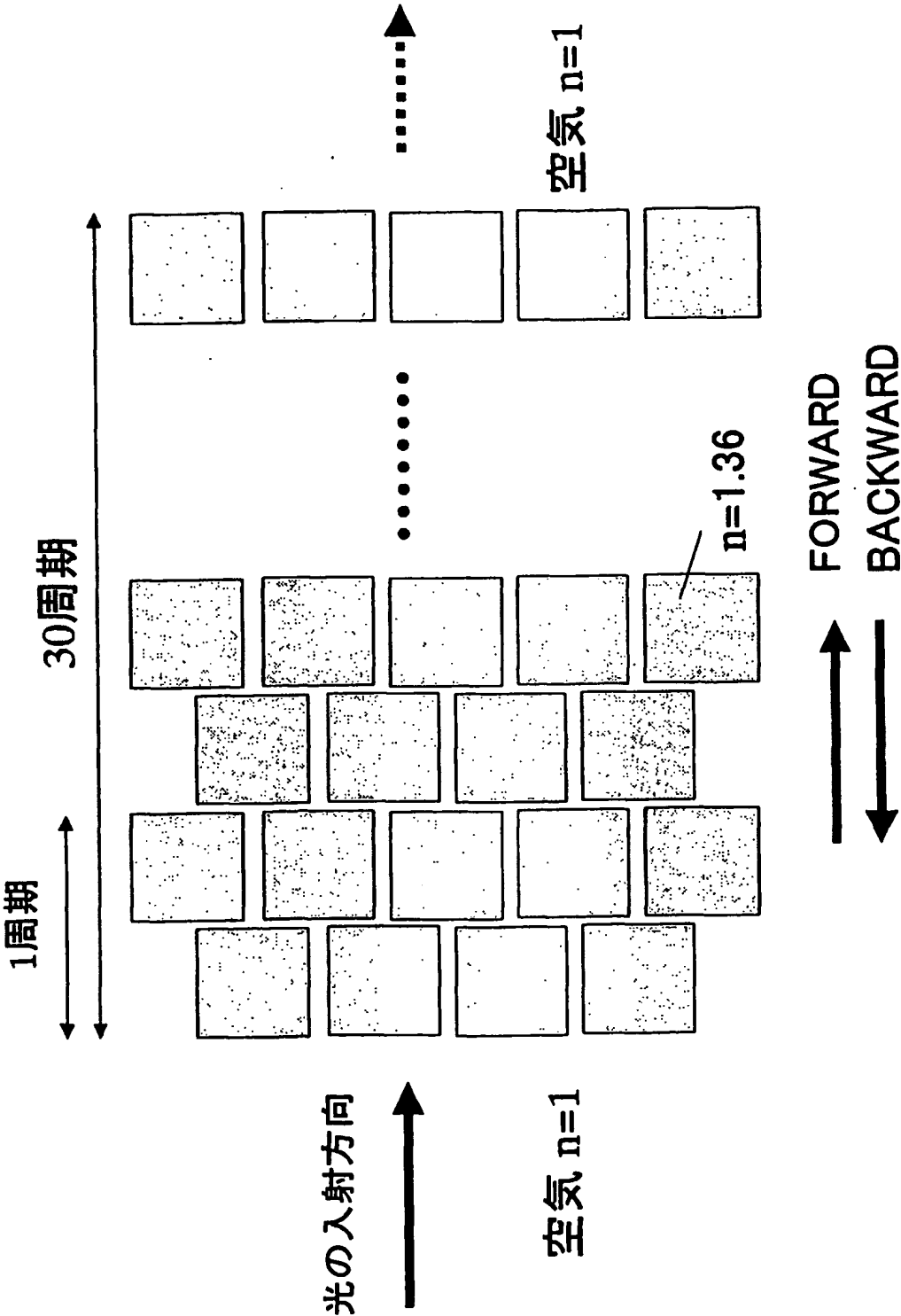
## 第8図



第9図A      第9図B

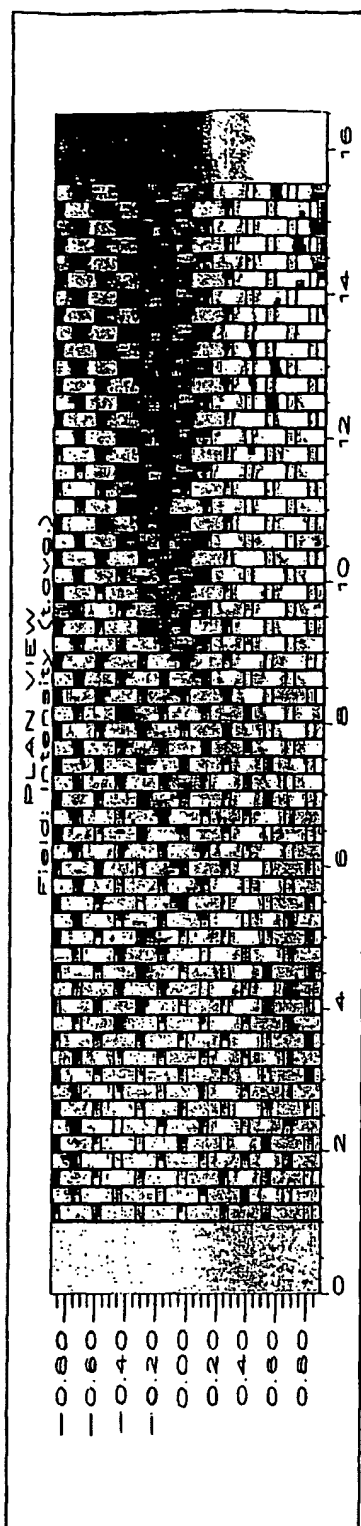


第10図



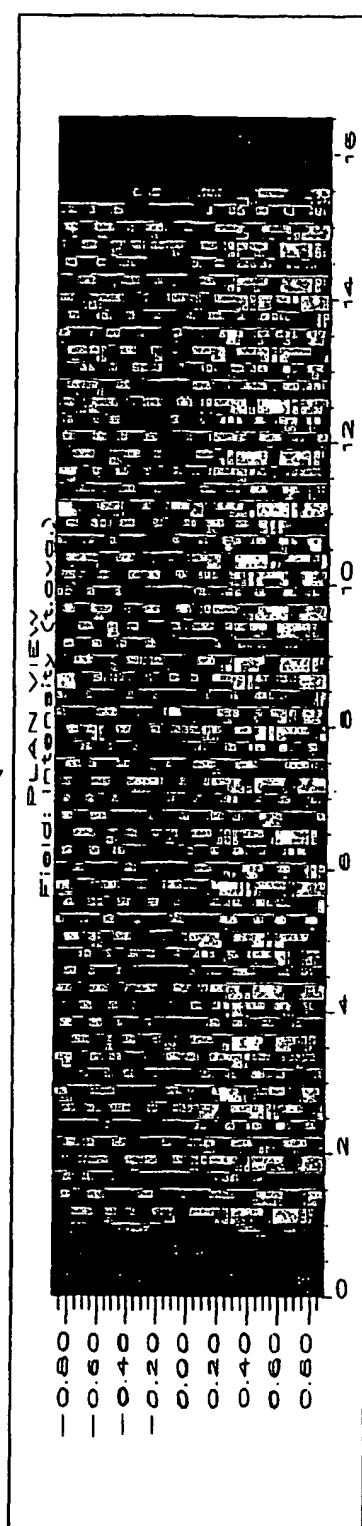
波長  $\lambda = 470\text{nm}$

FORWARD



第 1 1 図 A

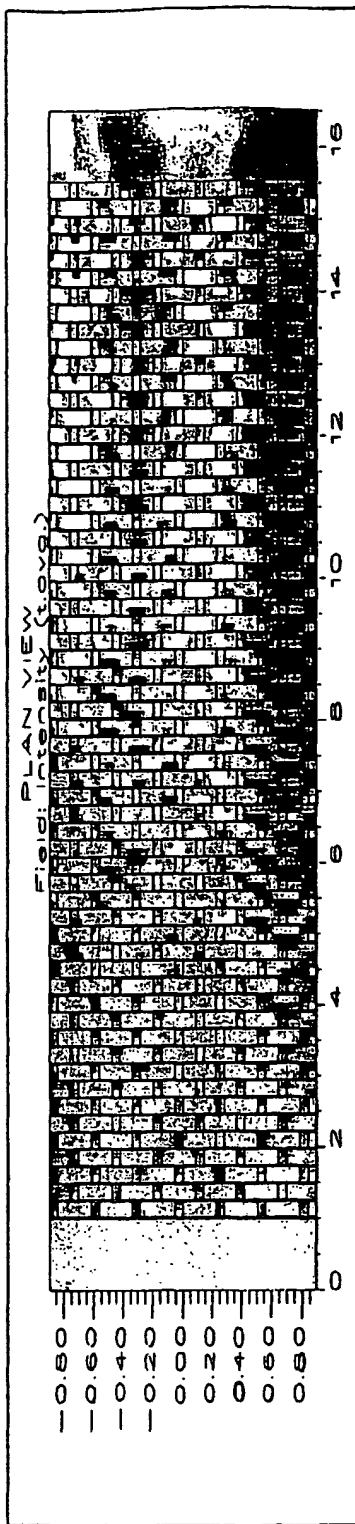
BACKWARD



第 1 1 図 B

波長  $\lambda = 500\text{nm}$

FORWARD



第12図A

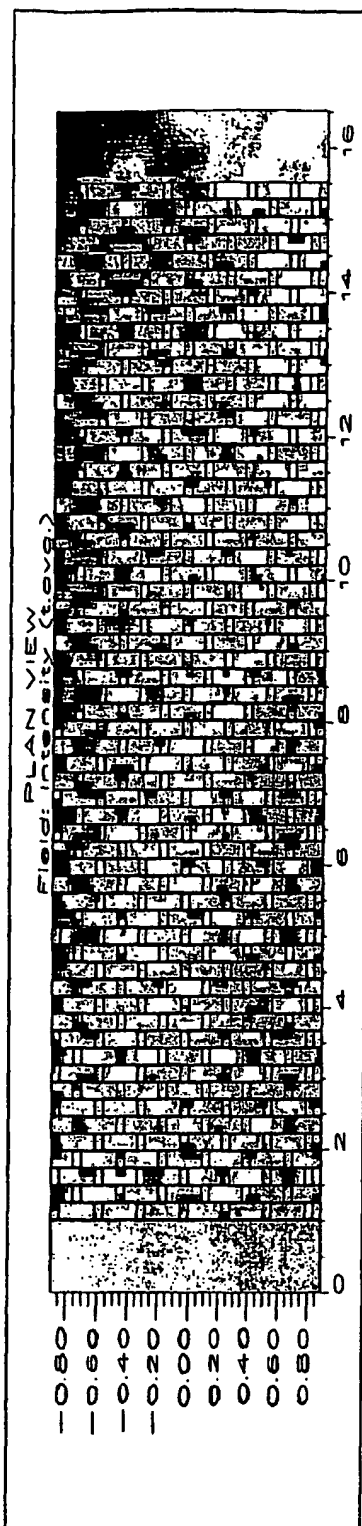
BACKWARD



第12図B

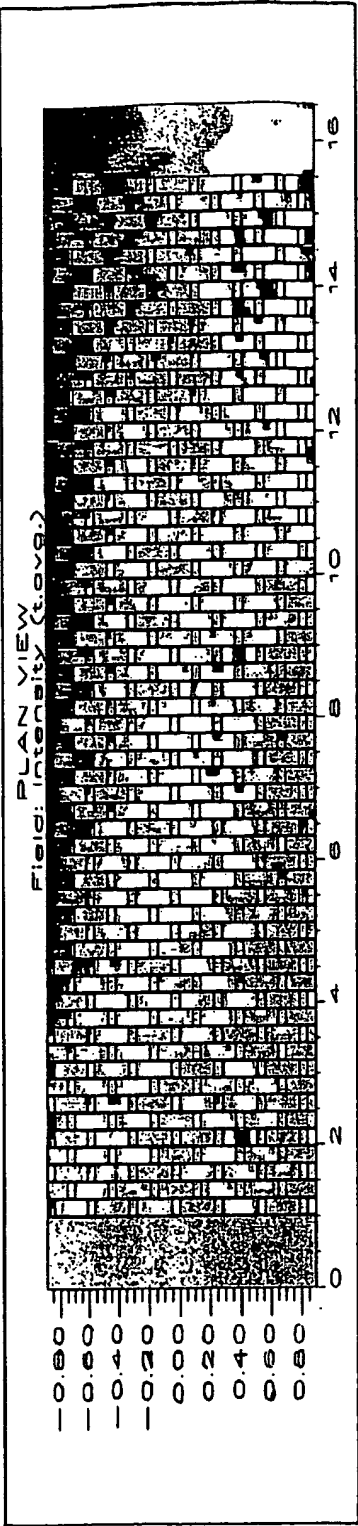
波長 $\lambda=525\text{nm}$

## FORWARD



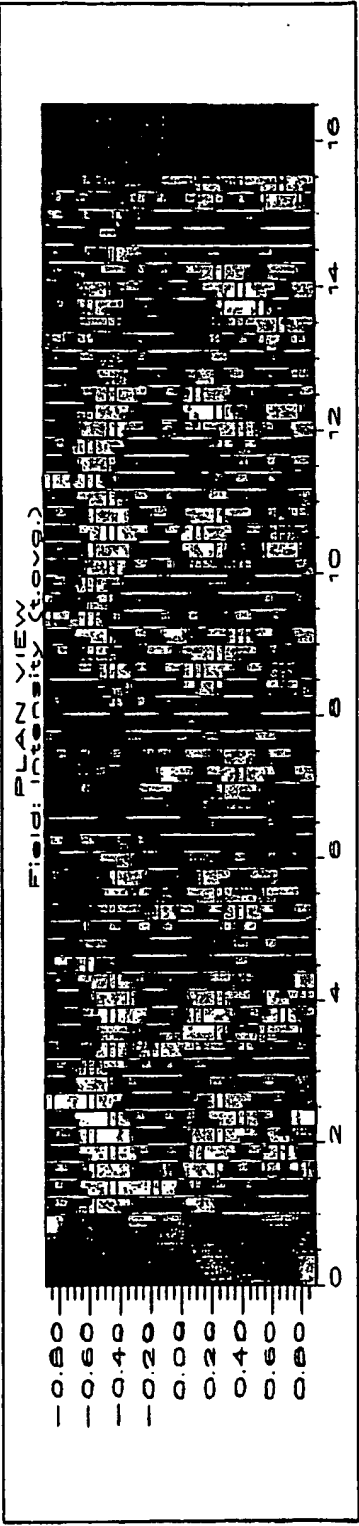
波長  $\lambda = 540\text{nm}$

FORWARD



第 1 4 図 A

BACKWARD

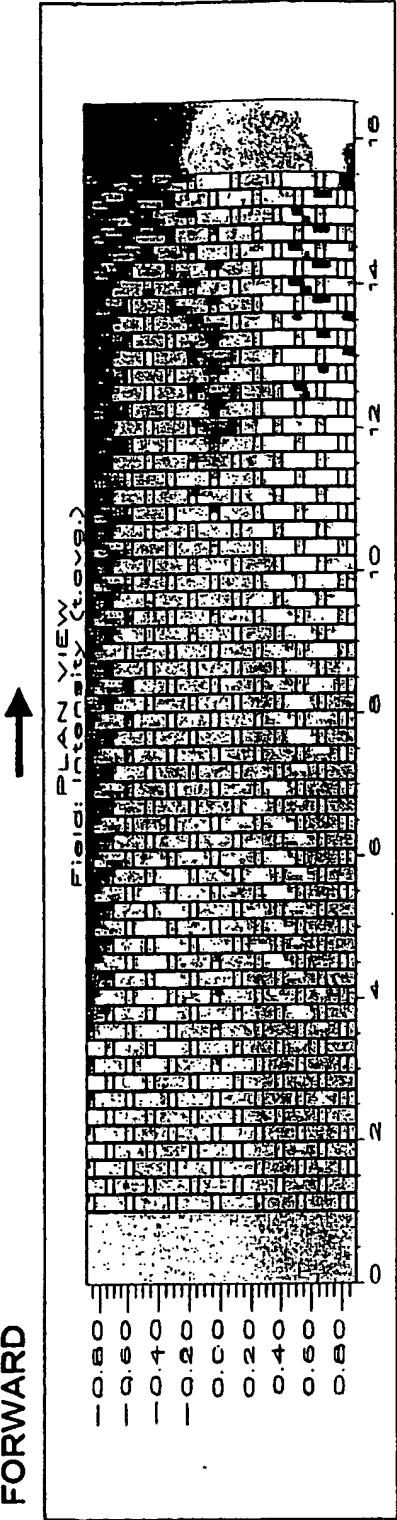


第 1 4 図 B



波長  $\lambda = 580\text{nm}$

FORWARD



第15図A

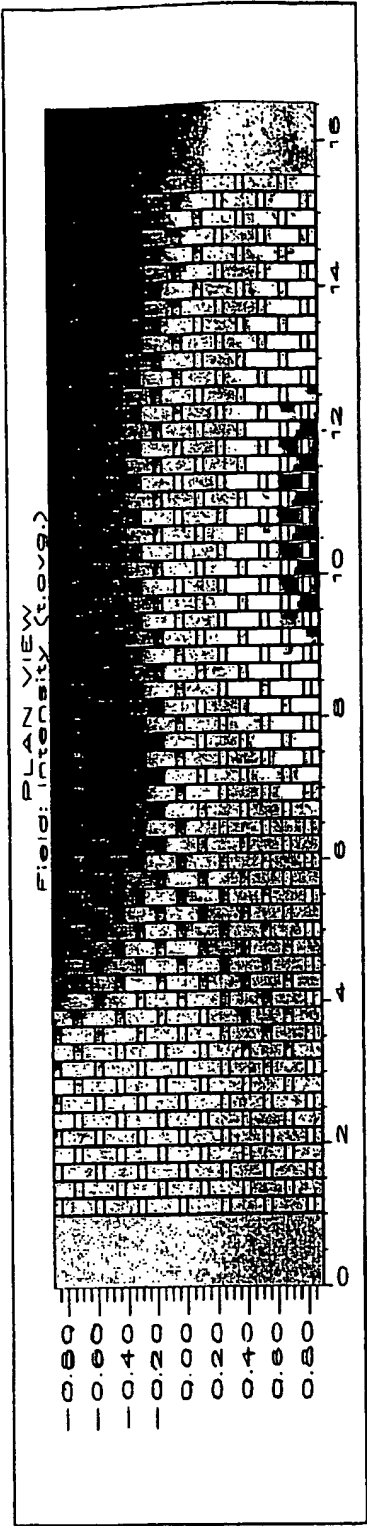
BACKWARD



第15図B

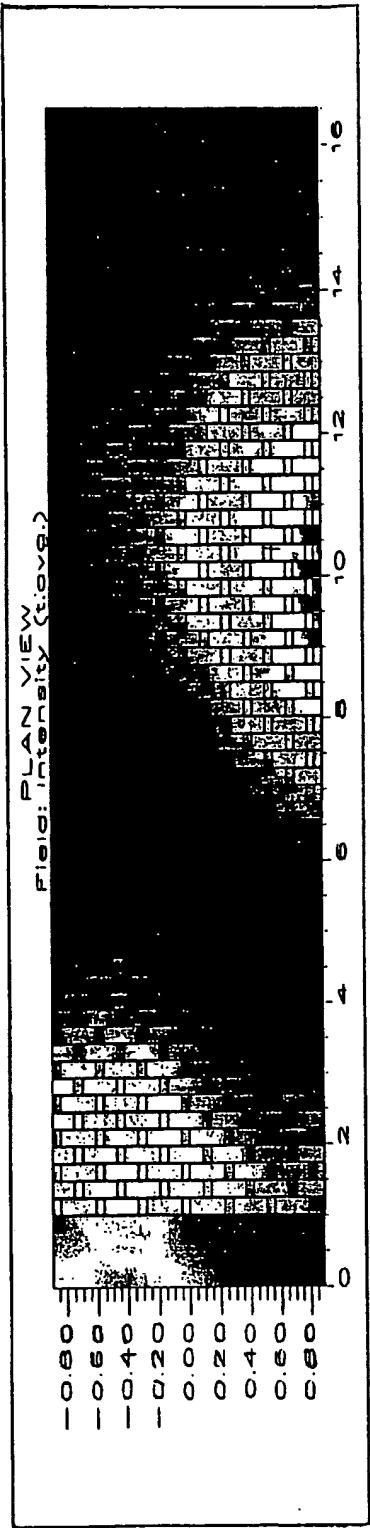
波長  $\lambda = 600\text{nm}$

FORWARD



第 1 6 図 A

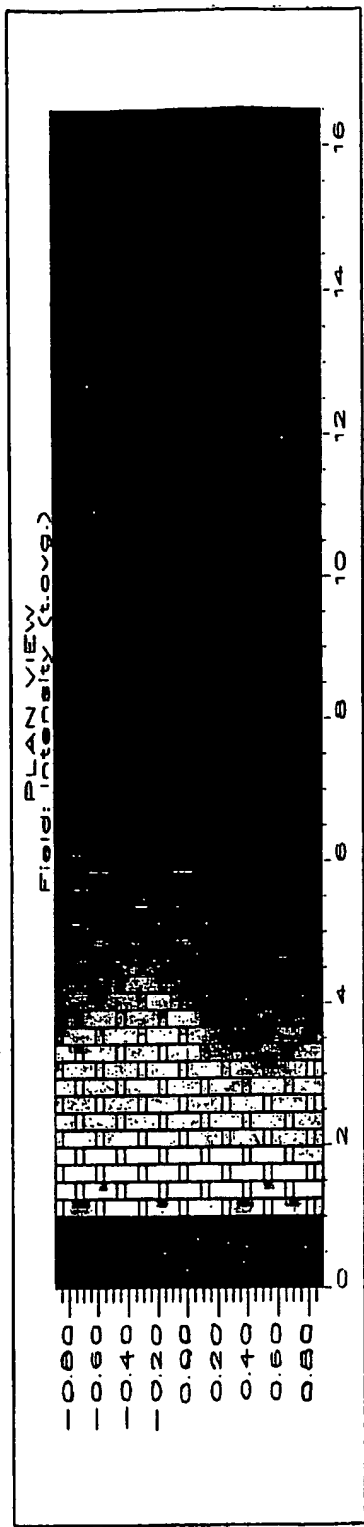
BACKWARD



第 1 6 図 B

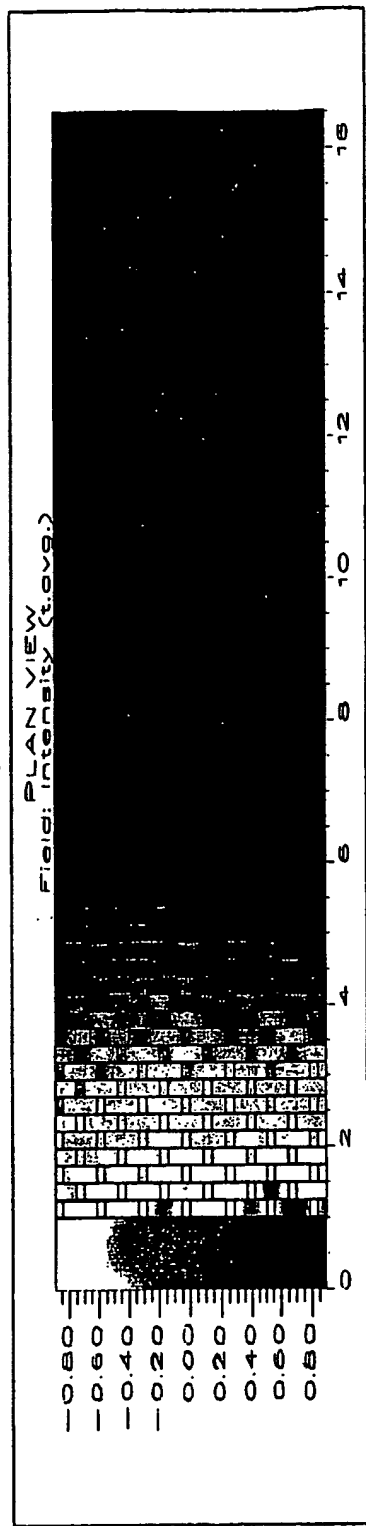
波長  $\lambda = 625\text{nm}$

FORWARD



第 1 7 図 A

BACKWARD

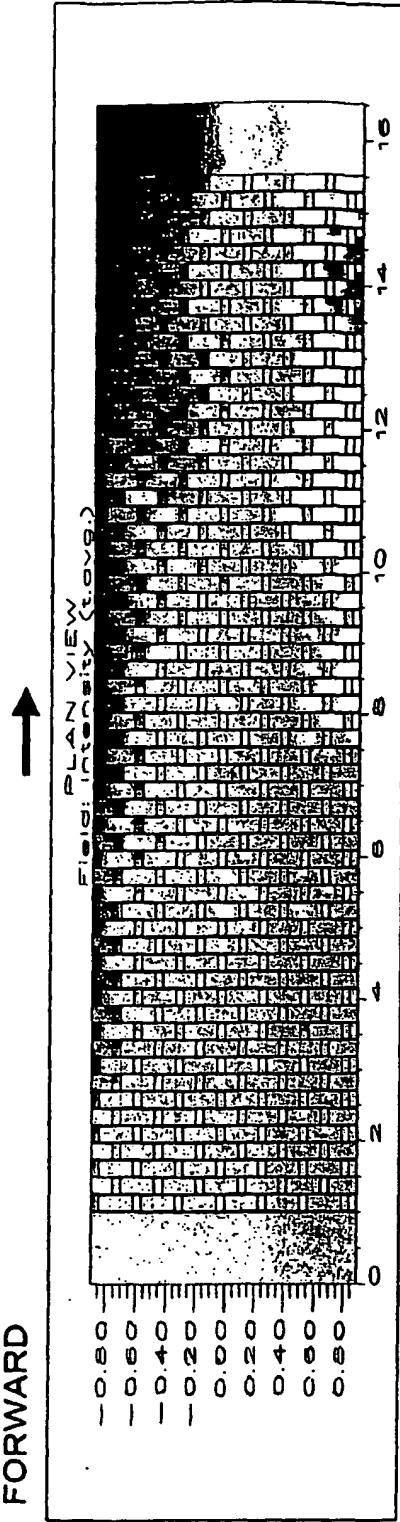


第 1 7 図 B



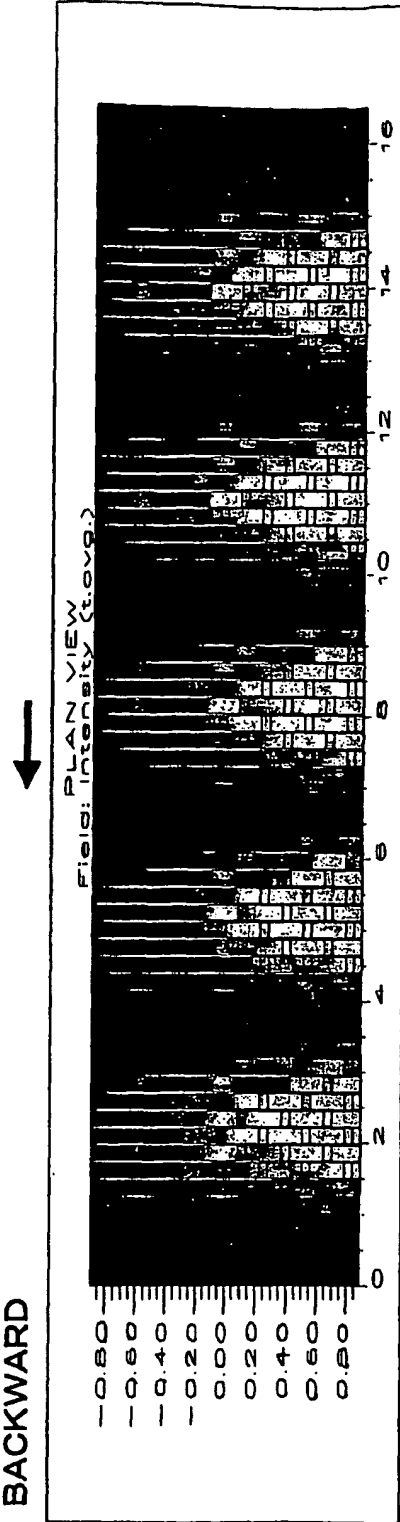
波長  $\lambda = 675\text{nm}$

FORWARD



第19図A

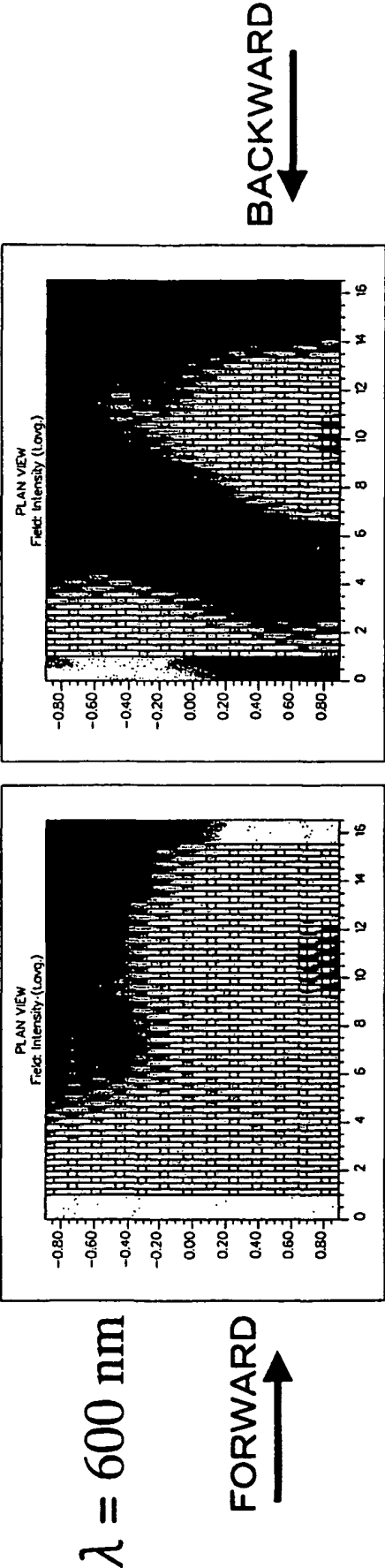
BACKWARD



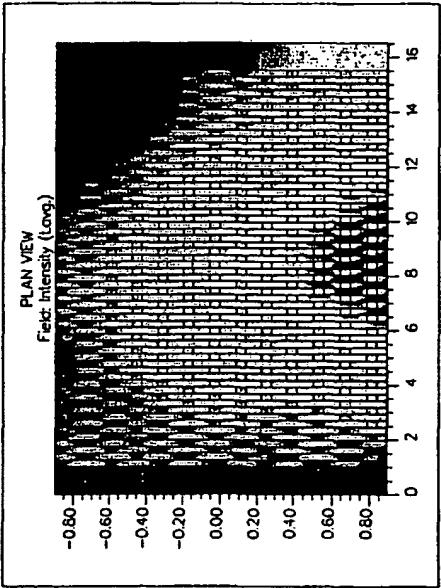
第19図B

第20図A

第20図B



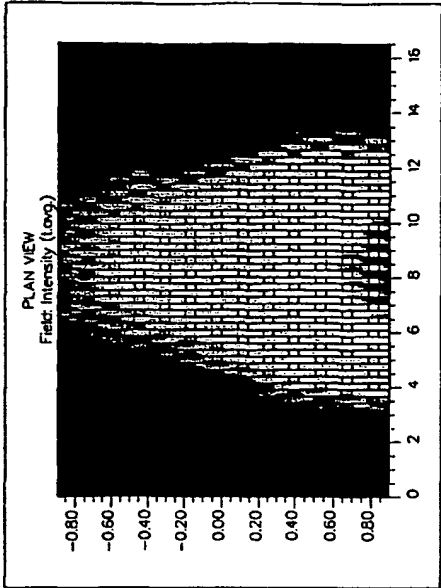
第21図A



$\lambda = 603 \text{ nm}$

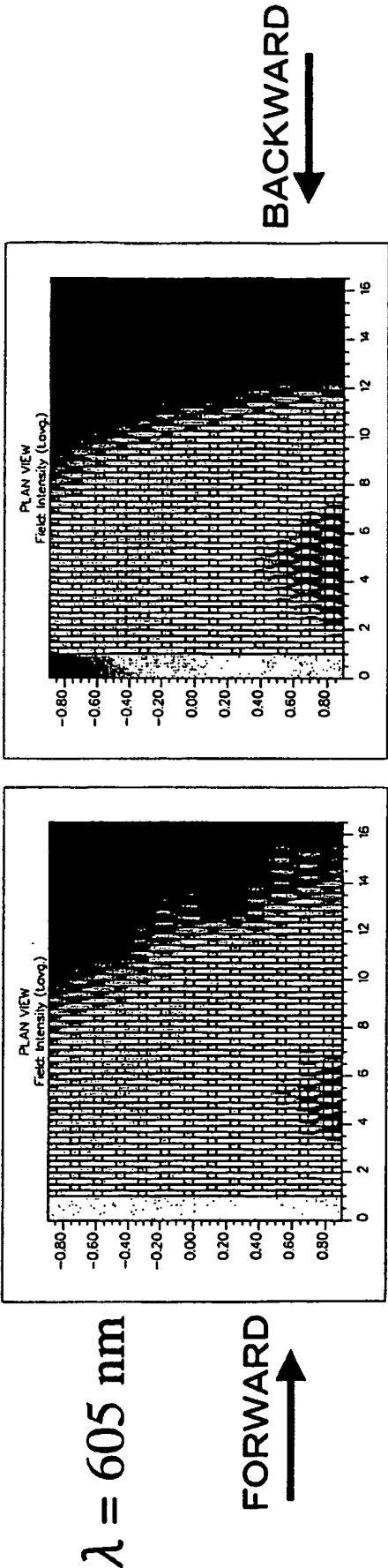
FORWARD 

第21図B



BACKWARD 

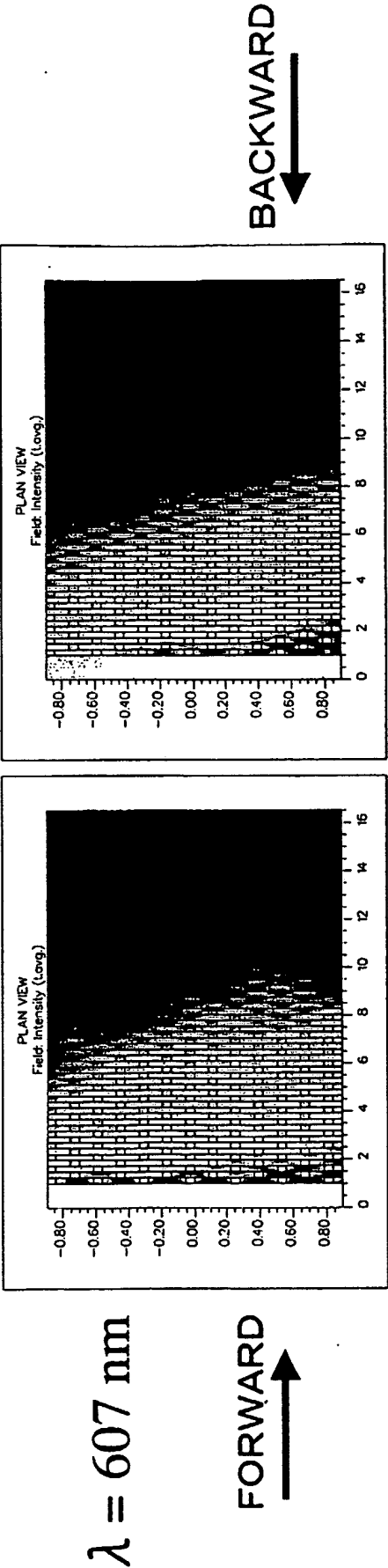
第22図A 第22図B





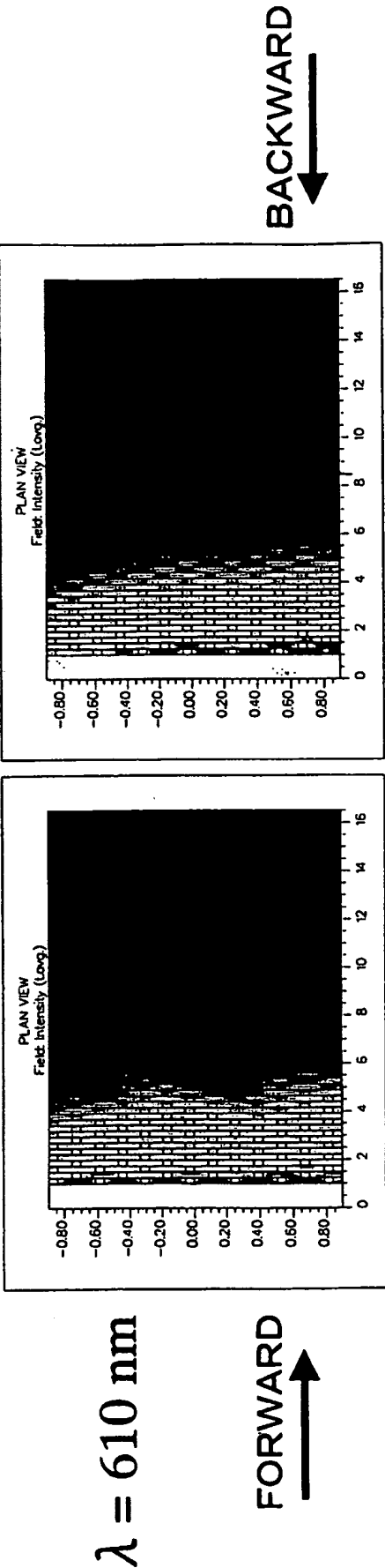
第23図A

第23図B



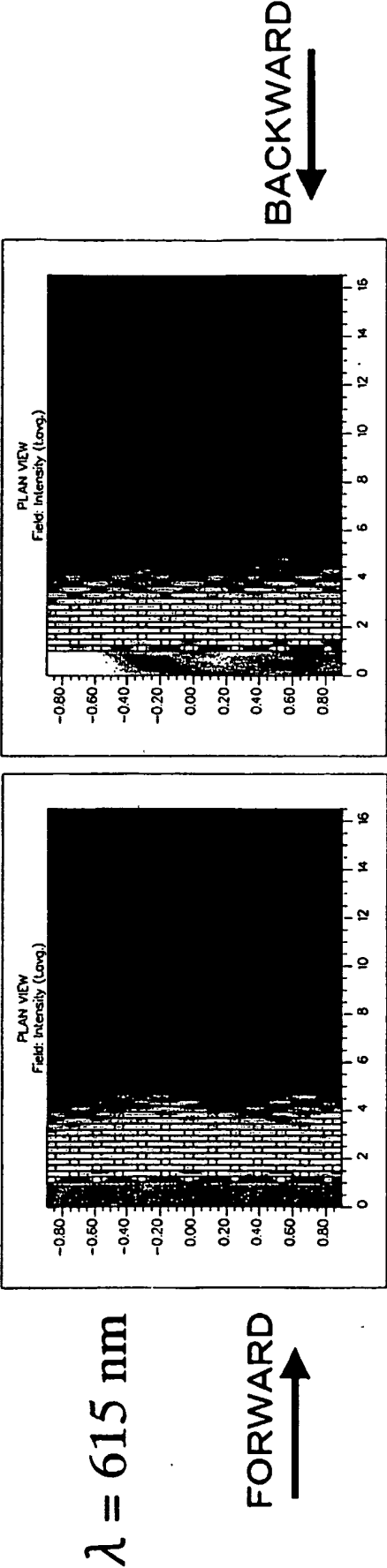
第 2 4 図 A

第 2 4 図 B



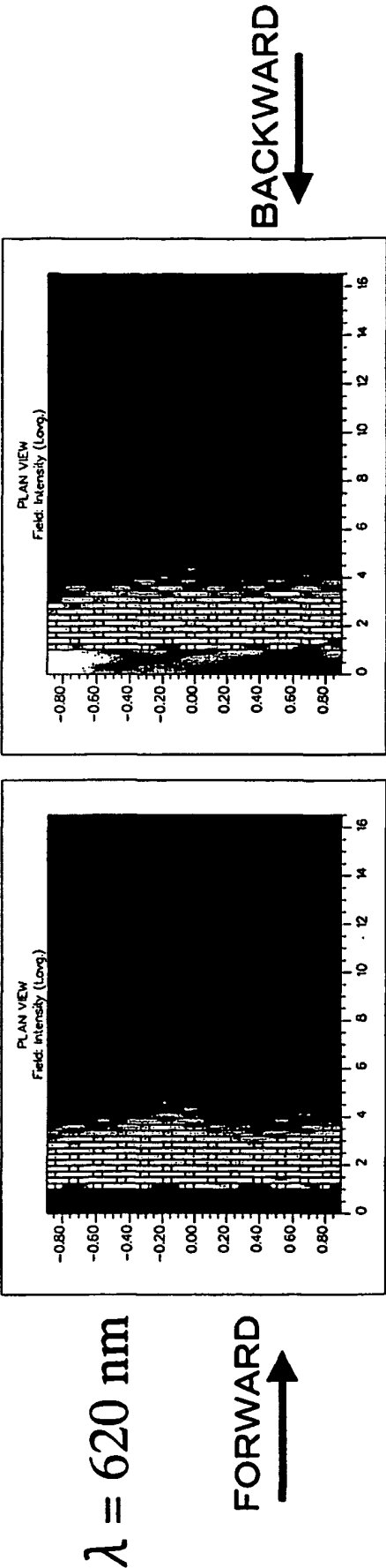
第 2 5 図 A

第 2 5 図 B



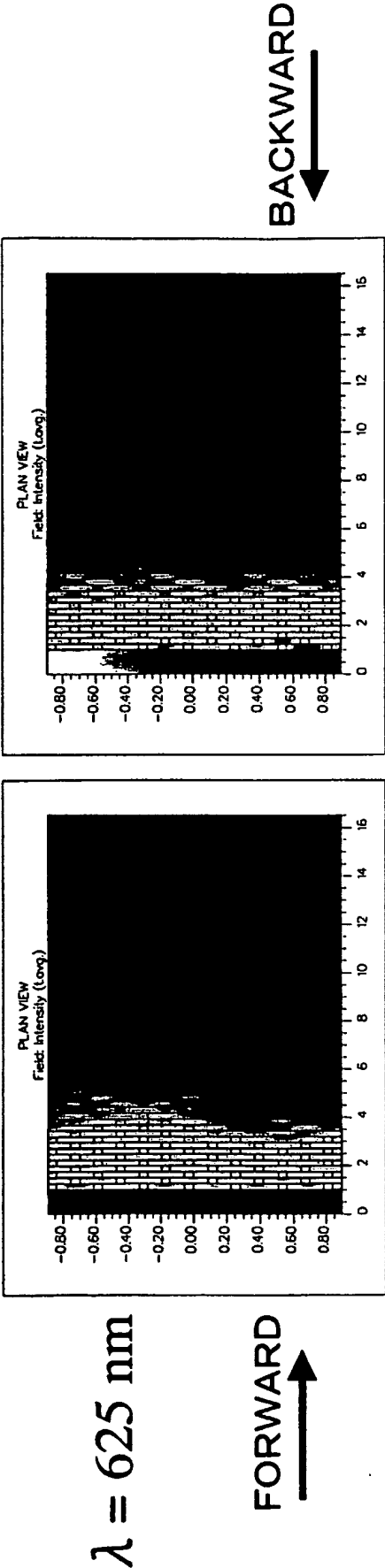
第 2 6 図A

第 2 6 図B



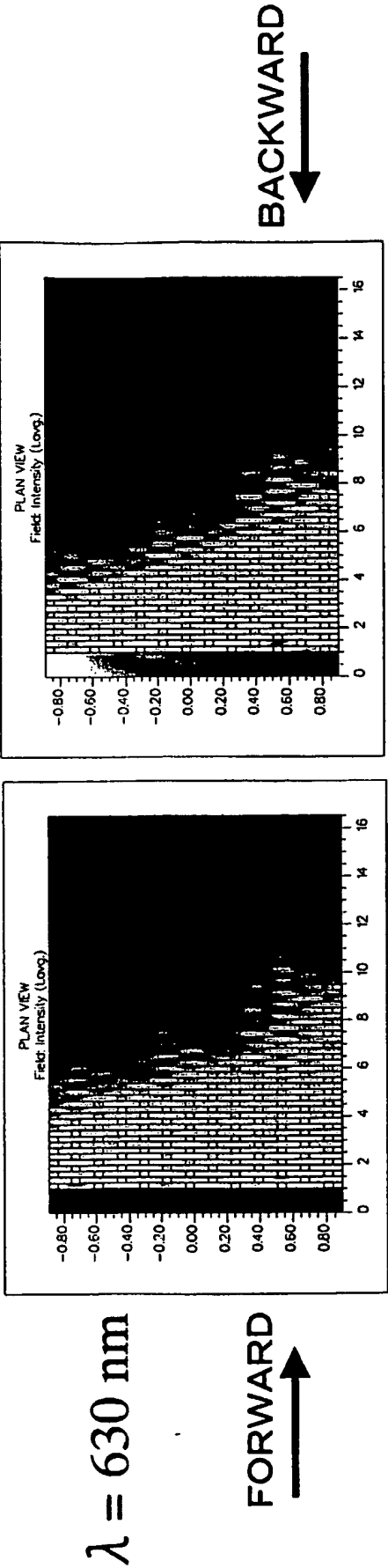
第27図A

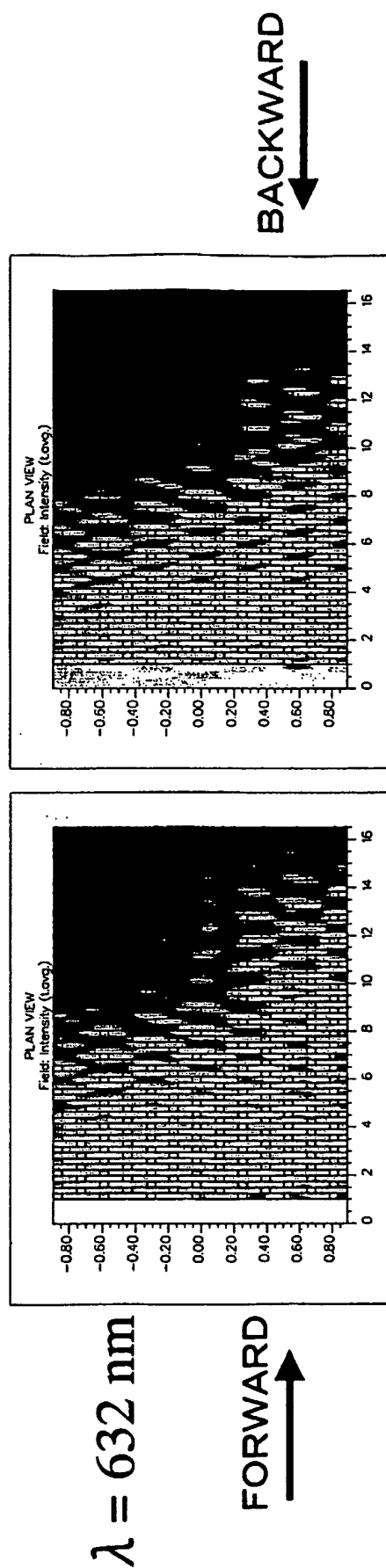
第27図B



第28図A

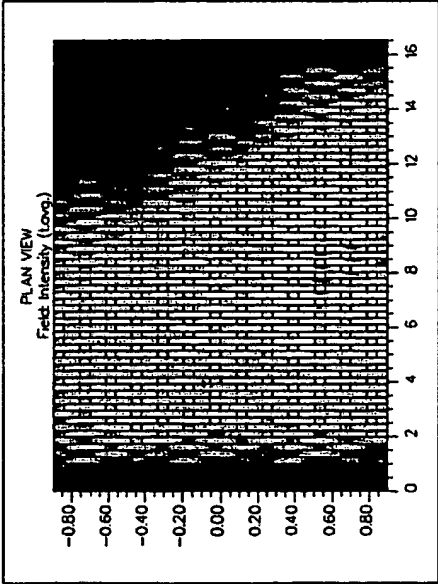
第28図B



第29図A  
第29図B

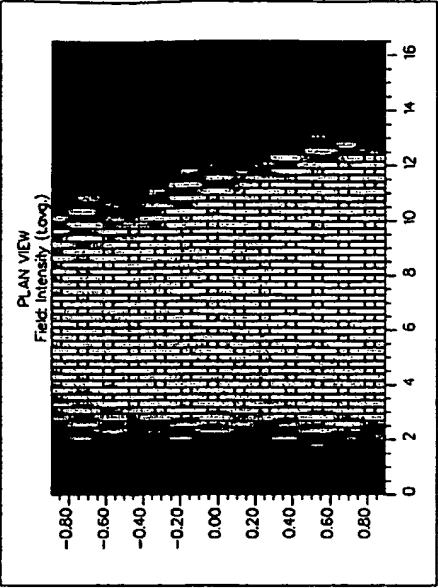
第30図A

第30図B



$\lambda = 634 \text{ nm}$

FORWARD

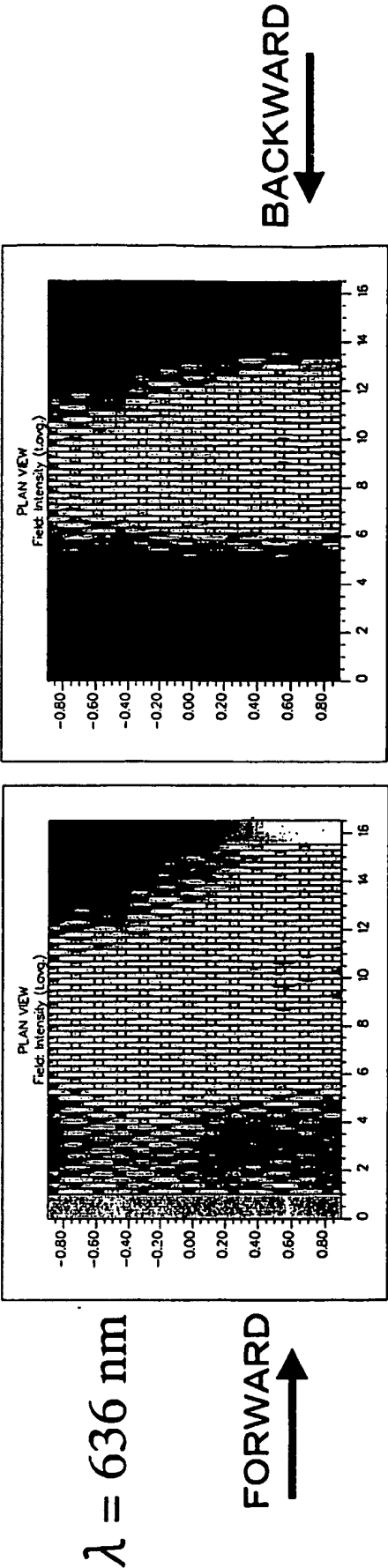


BACKWARD

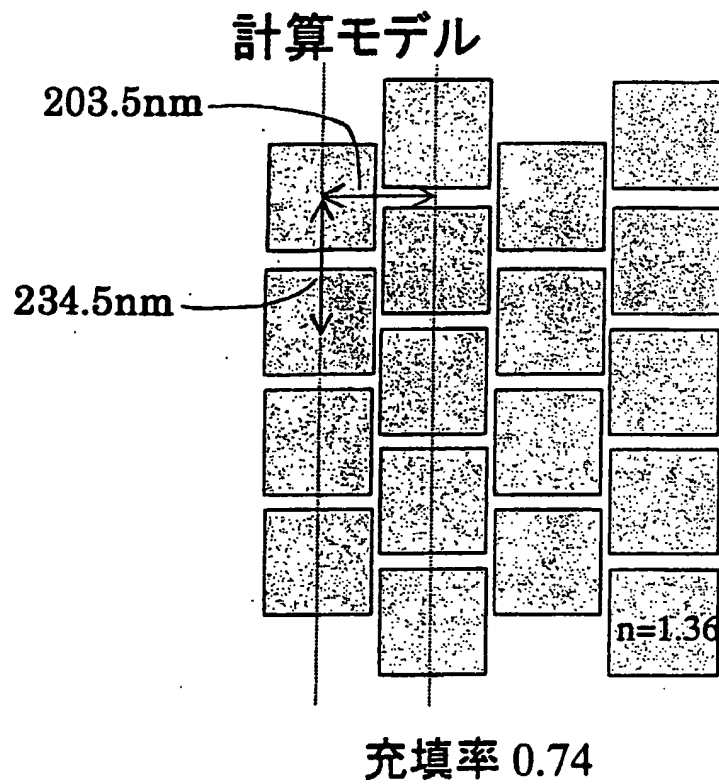


第31図A

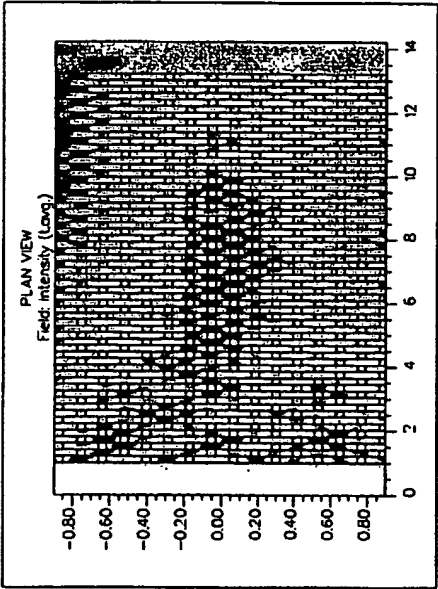
第31図B



## 第 3 2 図

緑用の反射

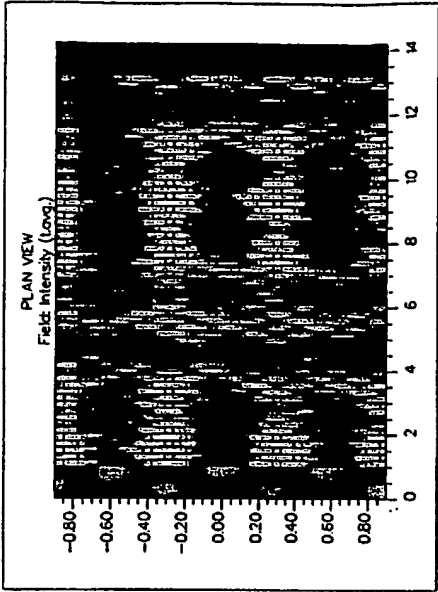
第 3 3 図 A



$\lambda = 470 \text{ nm}$

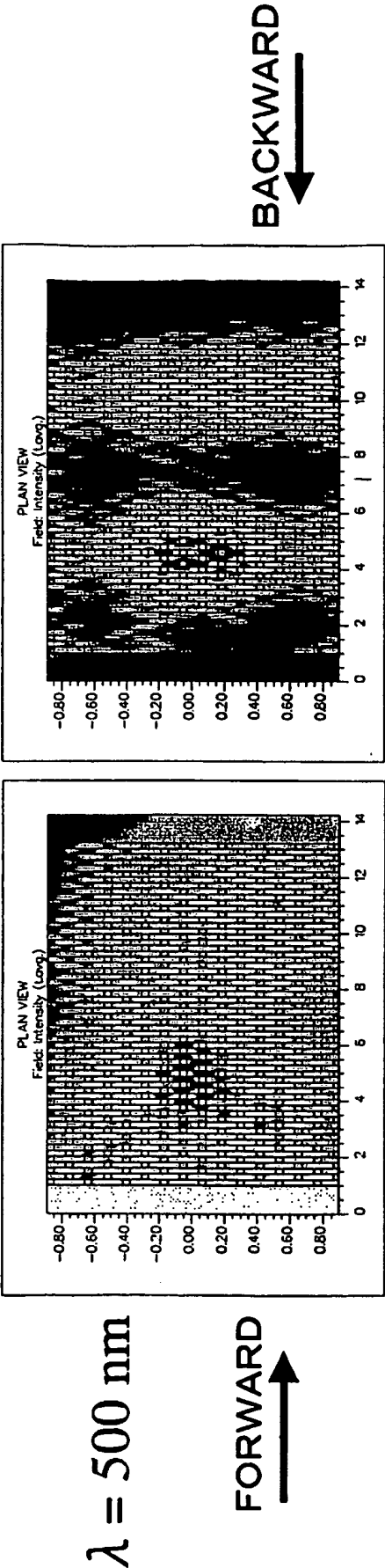
FORWARD

BACKWARD



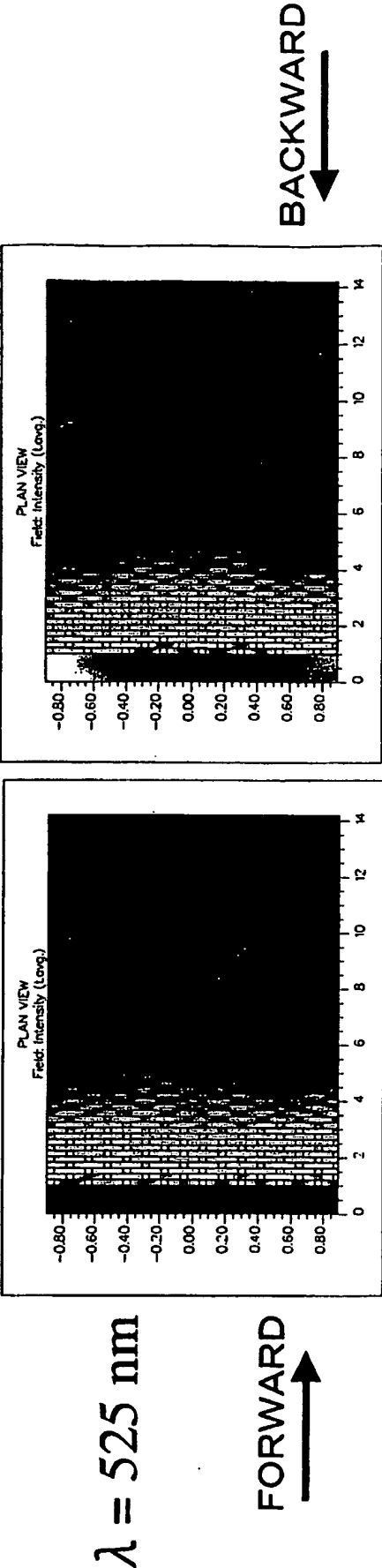
第 3 4 図 A

第 3 4 図 B



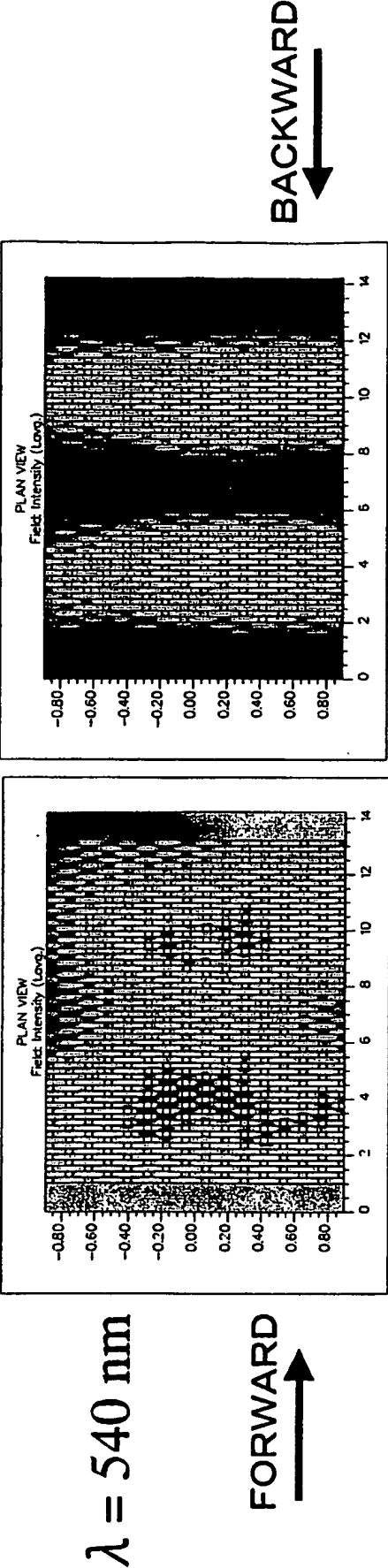
第35図A

第35図B



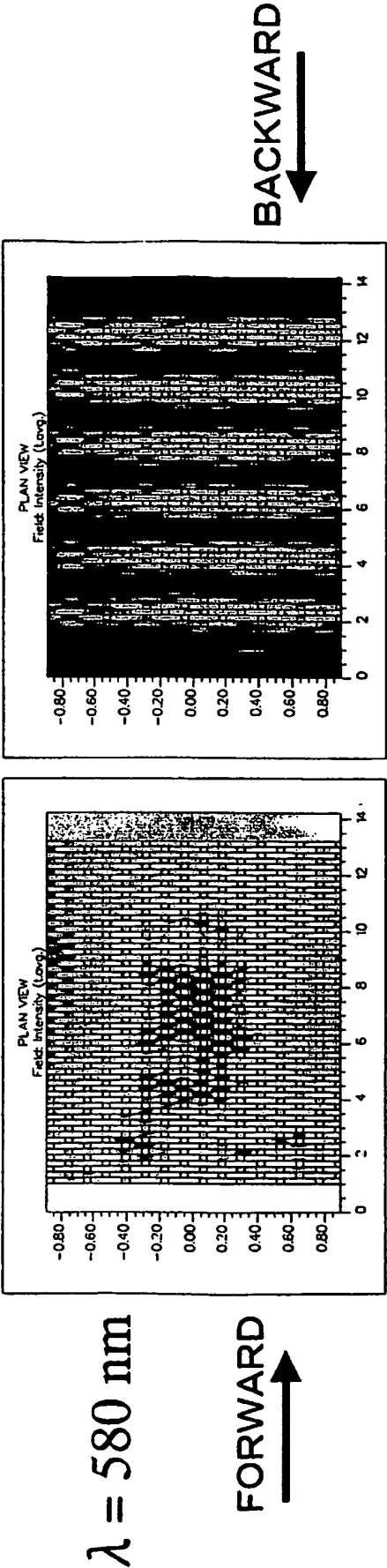
第36図A

第36図B



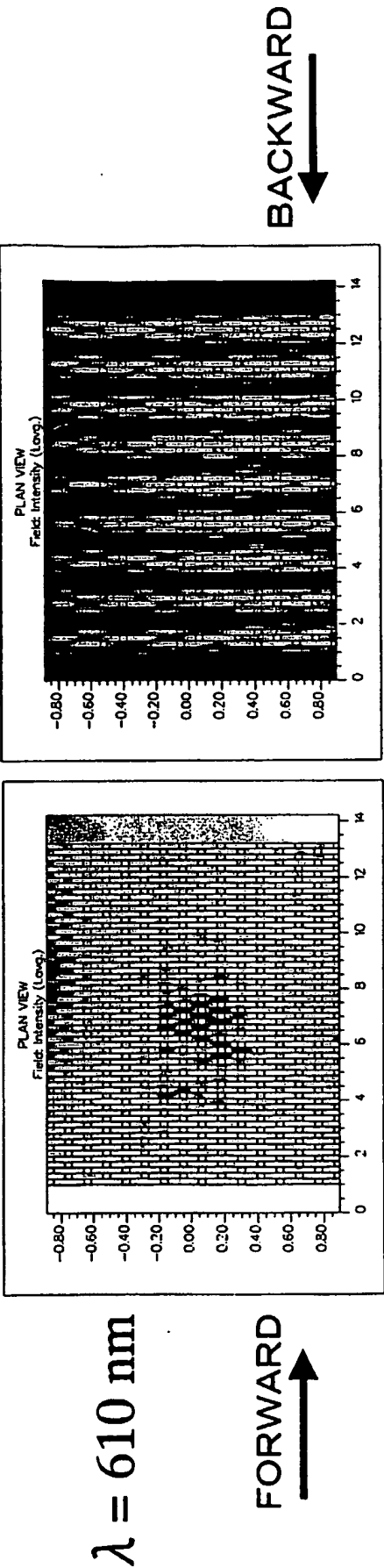
第 3 7 図 A

第 3 7 図 B



第38図A

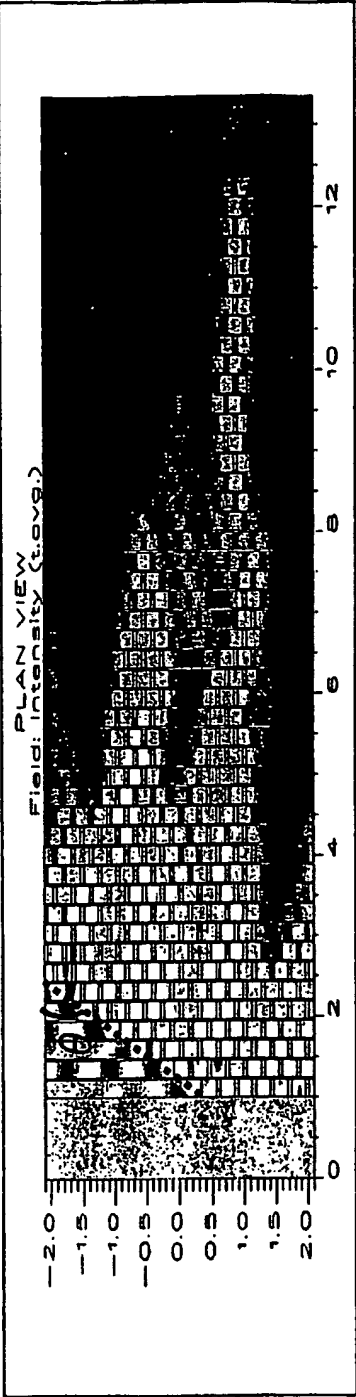
第38図B





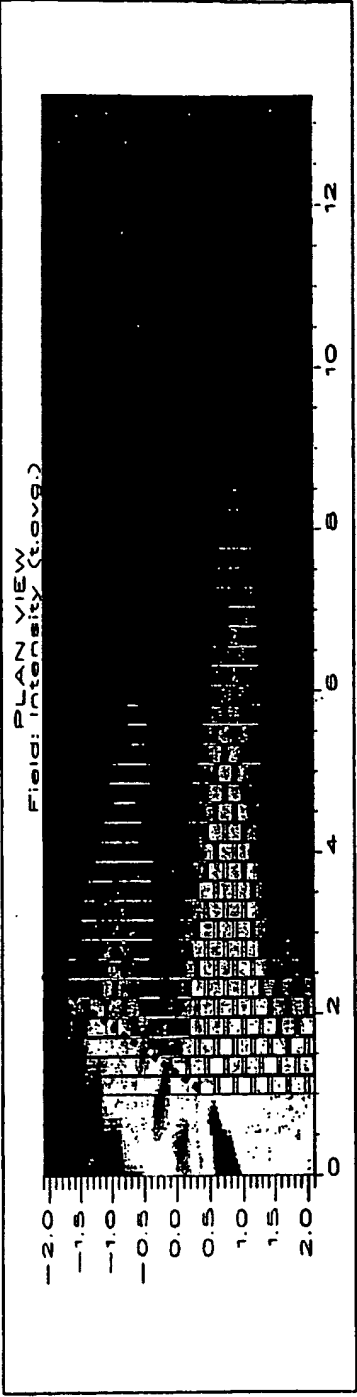
$\lambda = 625 \text{ nm}$   
FORWARD

$\theta = 58.2^\circ$



第 7 0 図 A

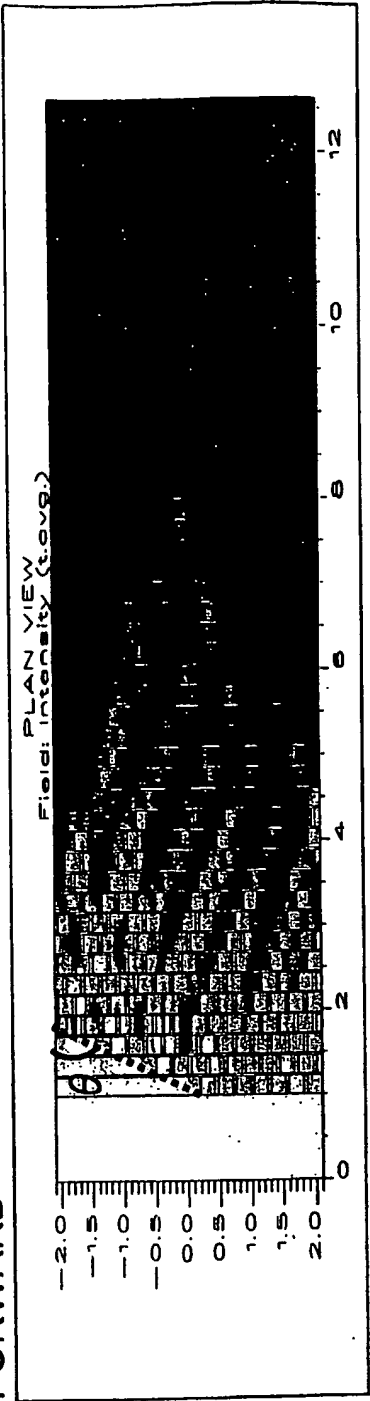
BACKWARD



第 7 0 図 B

$\lambda = 625 \text{ nm}$   
 $\theta = 70.2^\circ$

FORWARD

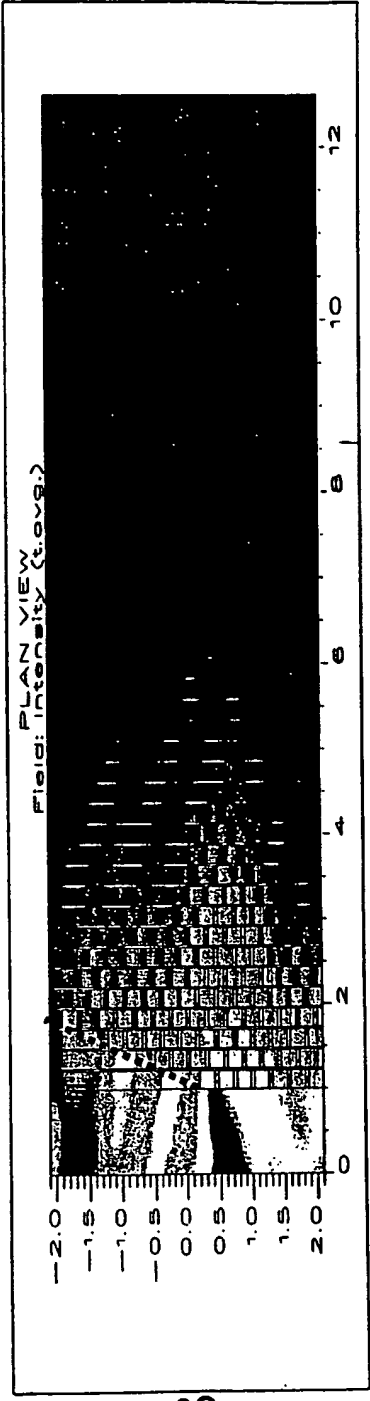


$4.2^\circ$

第 7 1 図 A

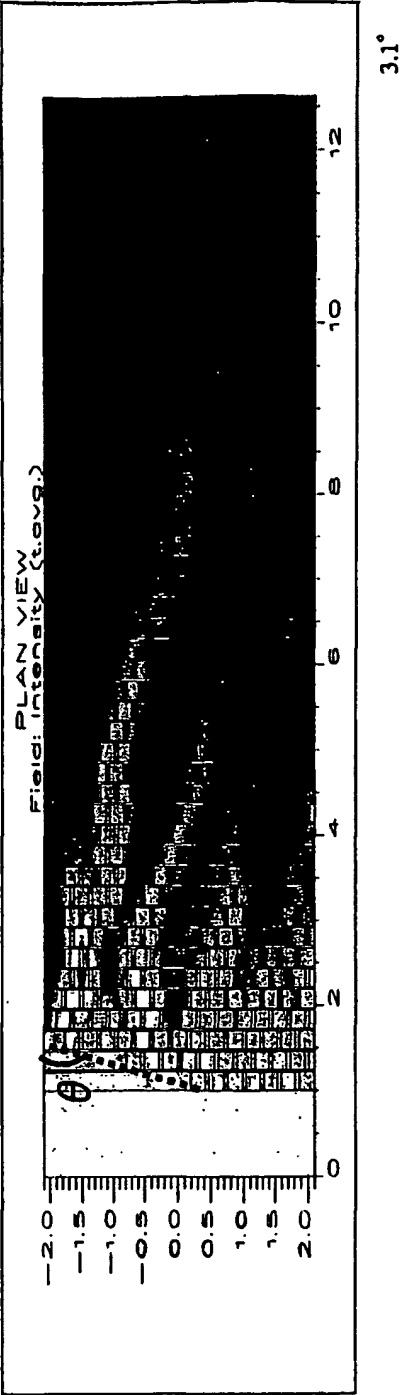


BACKWARD



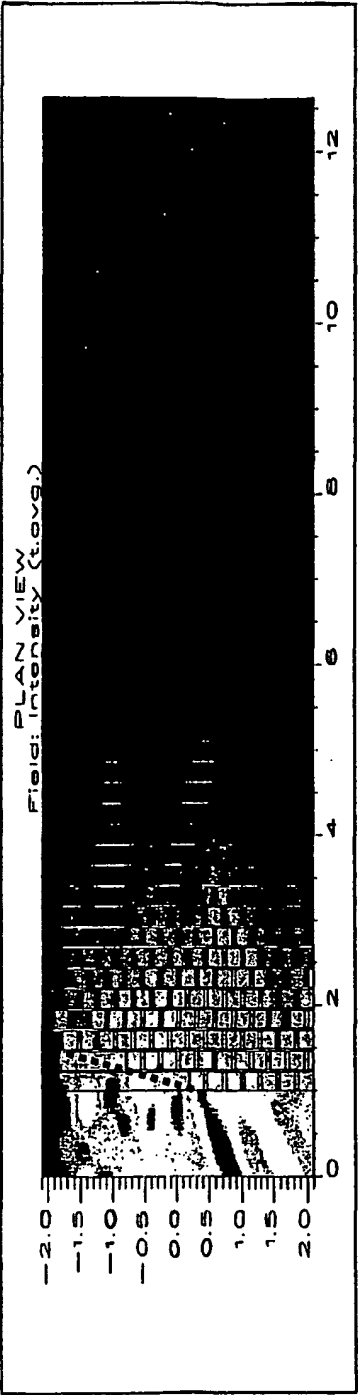
第 7 1 図 B

$\lambda = 625 \text{ nm}$   
 $\theta = 75.7^\circ$   
FORWARD

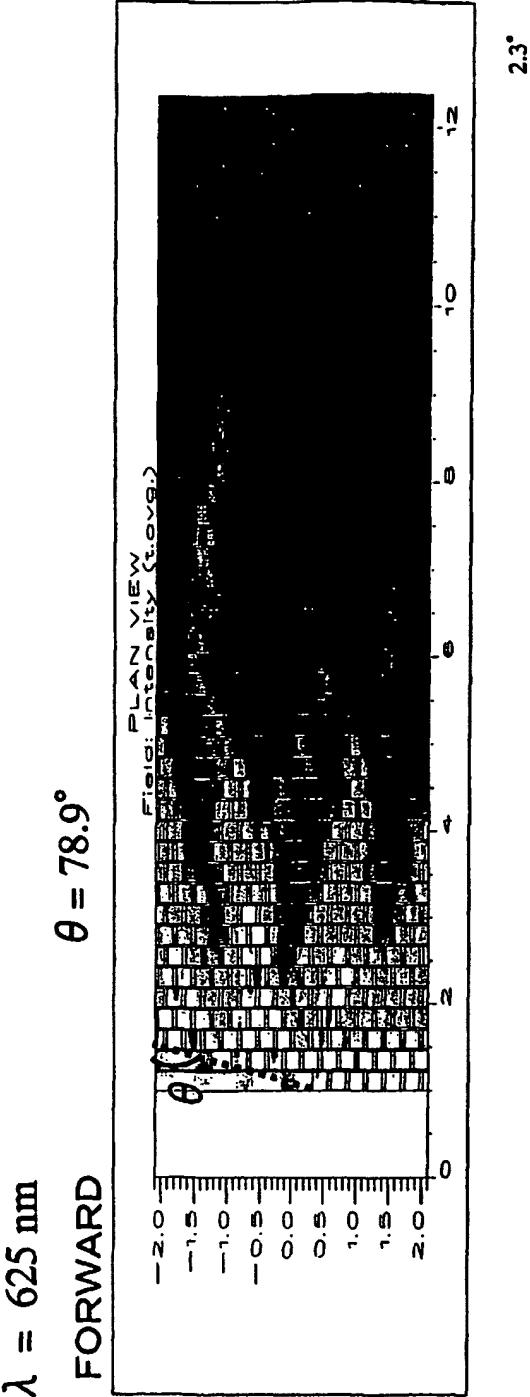


第 7 2 図 A

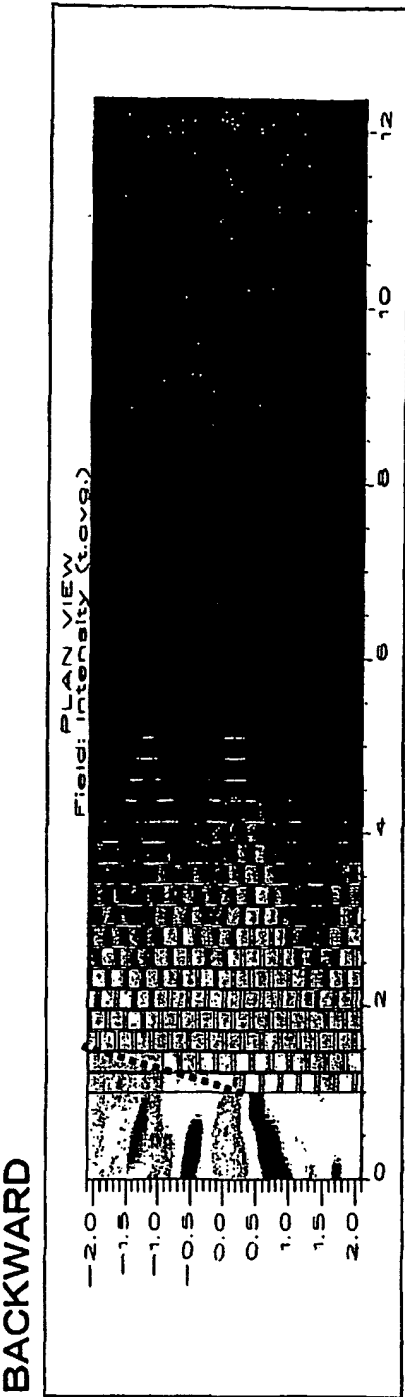
BACKWARD



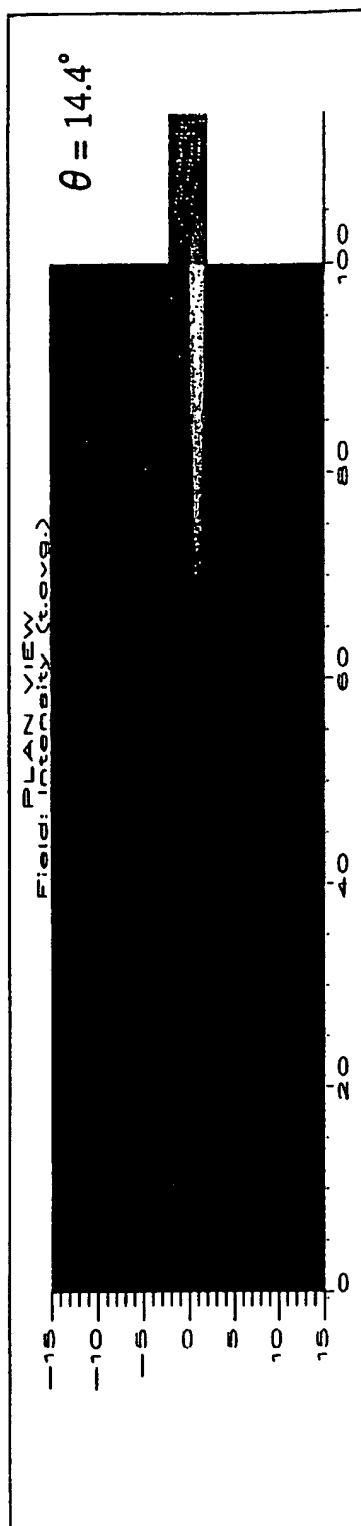
第 7 2 図 B



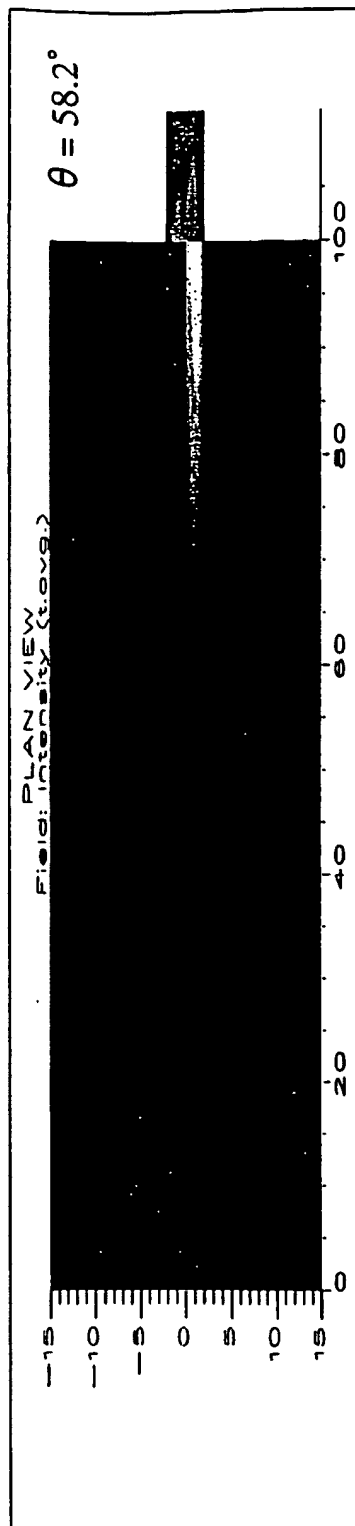
第 7 3 図 A



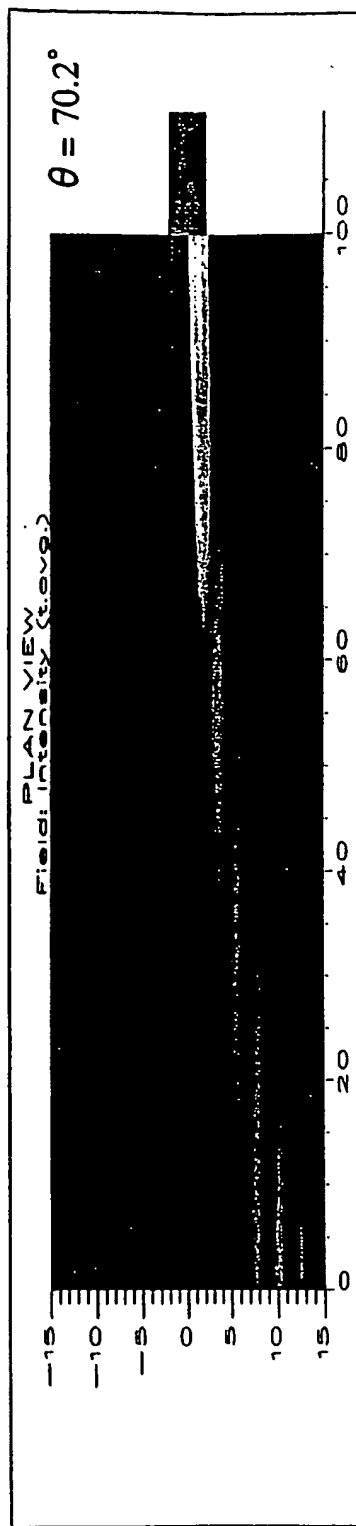
第 7 3 図 B



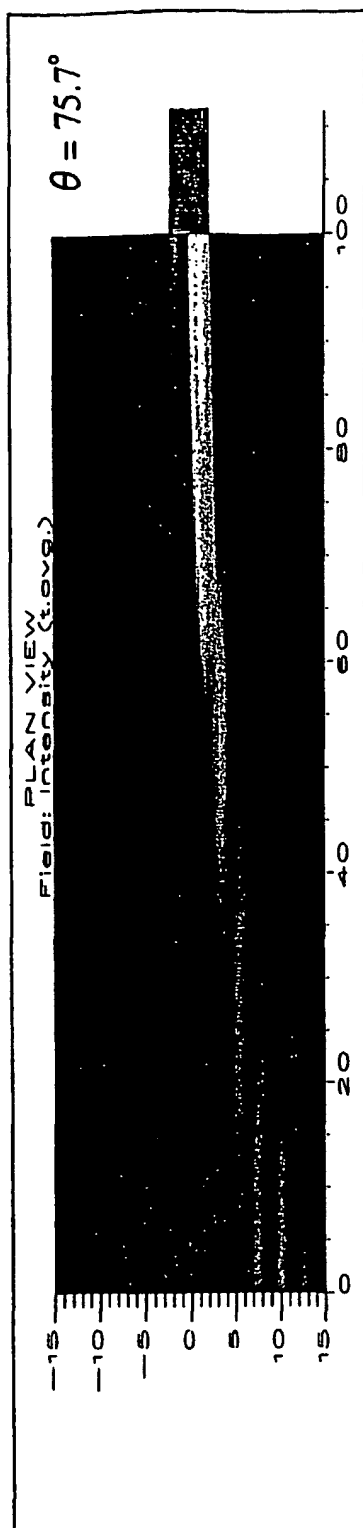
第74図A



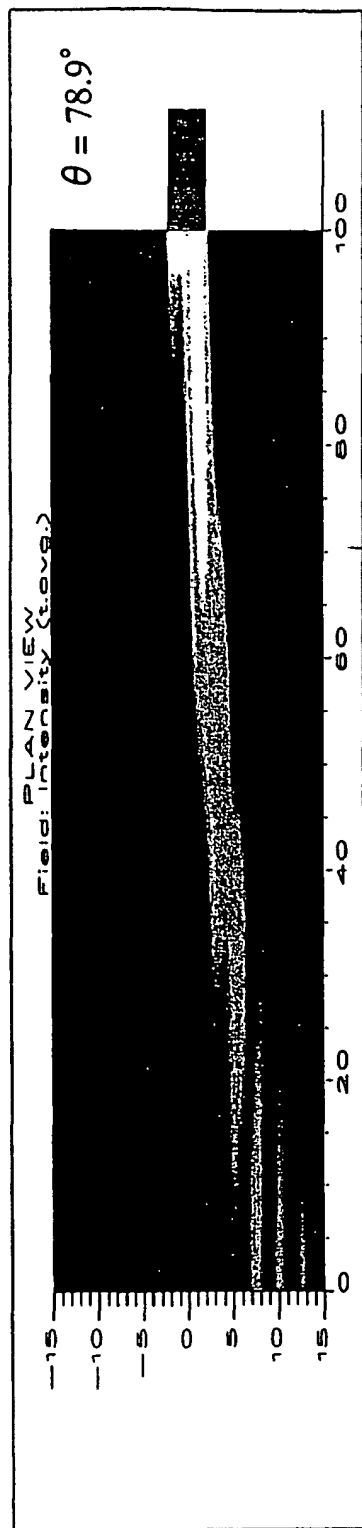
第74図B



第74図C

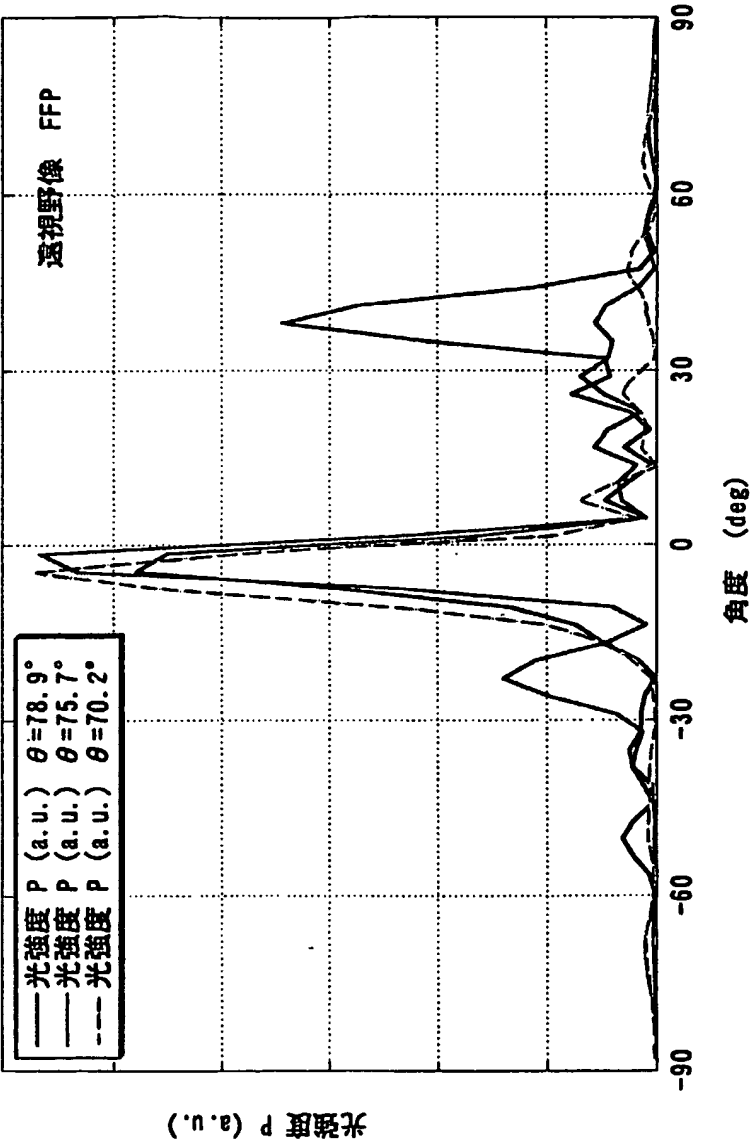


第 7 5 図 A

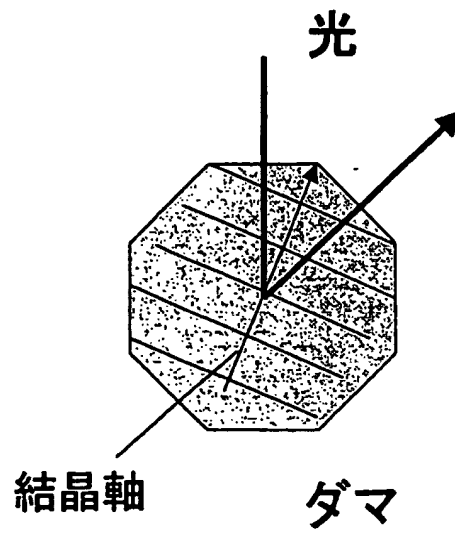


第 7 5 図 B

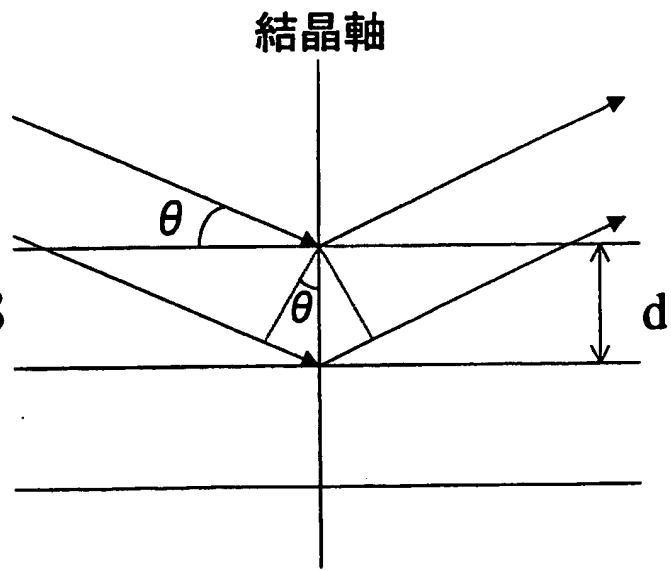
第76図



第 7 7 図 A



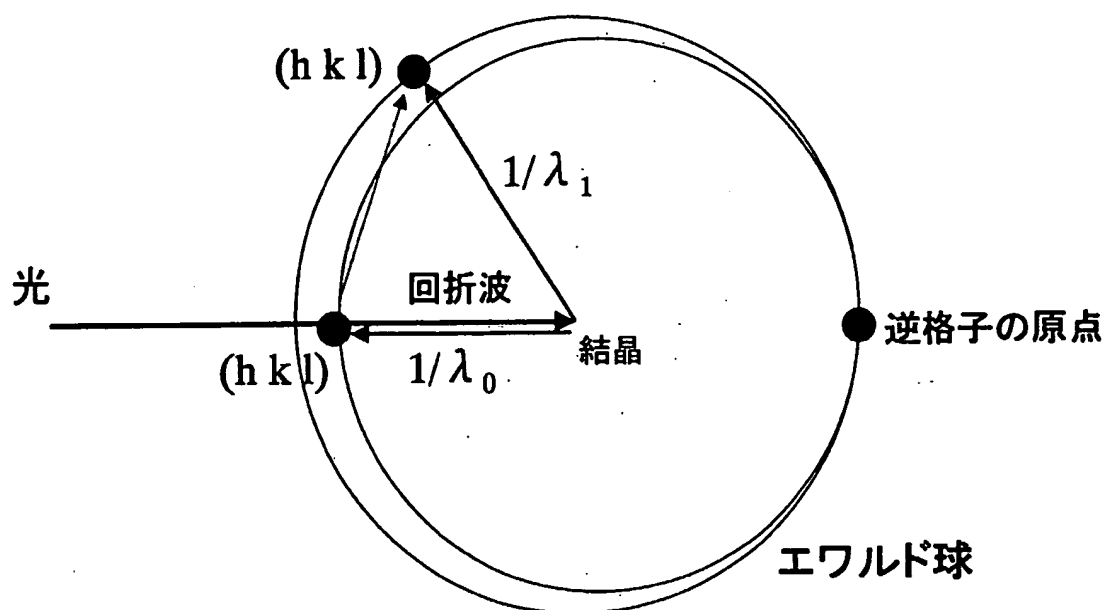
第 7 7 図 B



$$2d \cdot \sin \theta = m \lambda$$

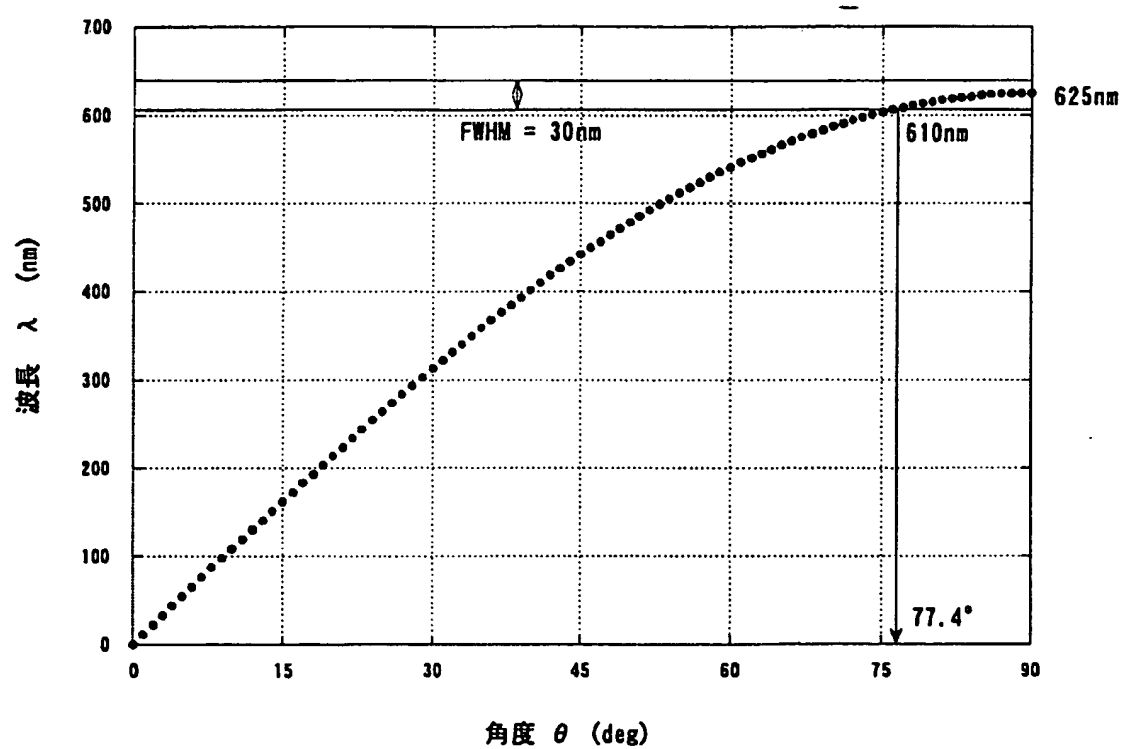


## 第 7 8 図

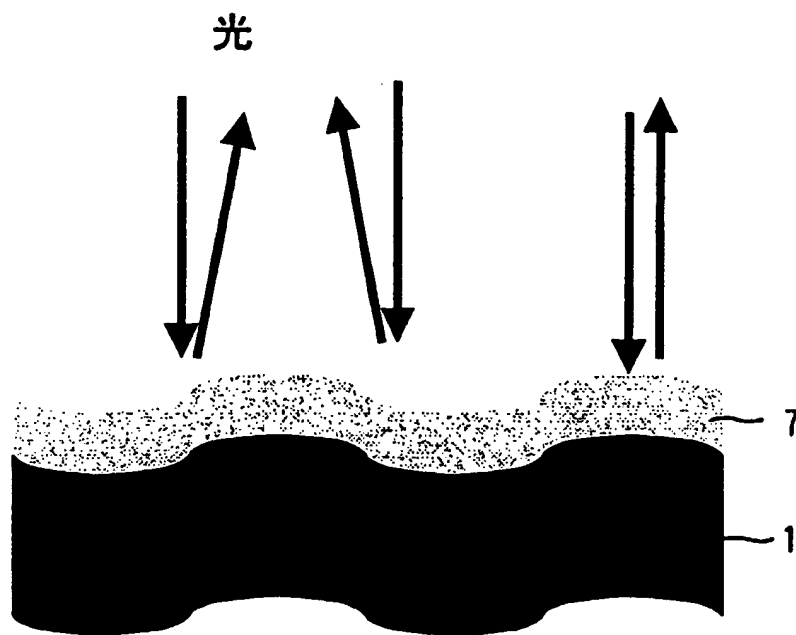


$$1/\lambda_0 < 1/\lambda_1$$

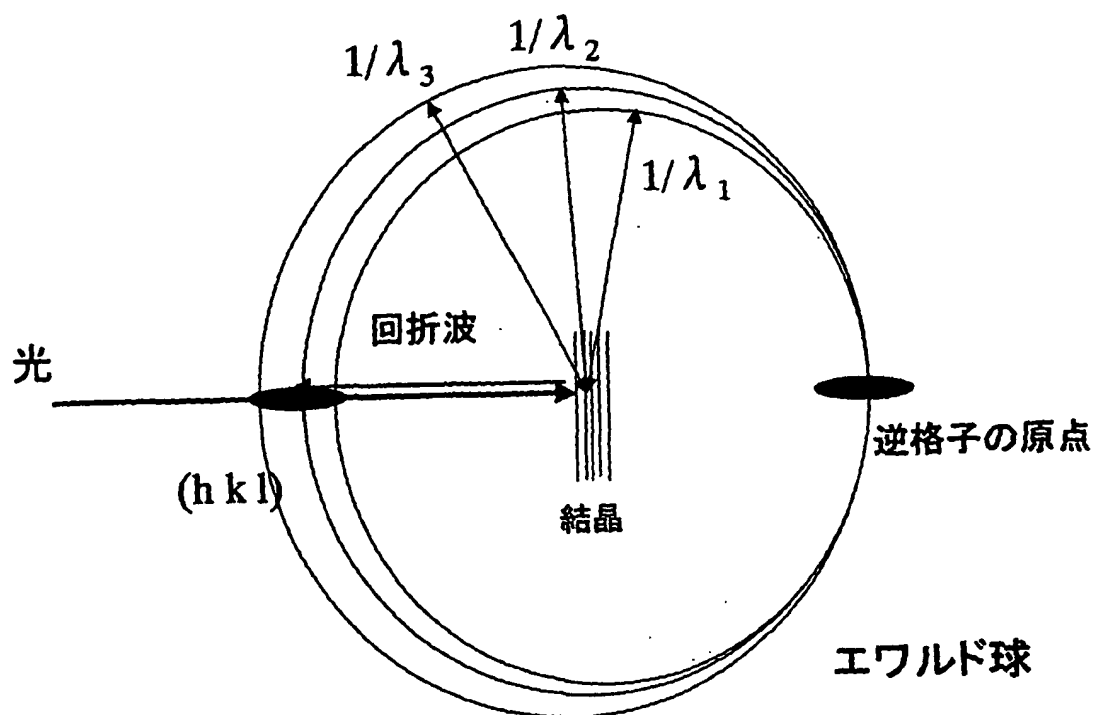
## 第 7 9 図



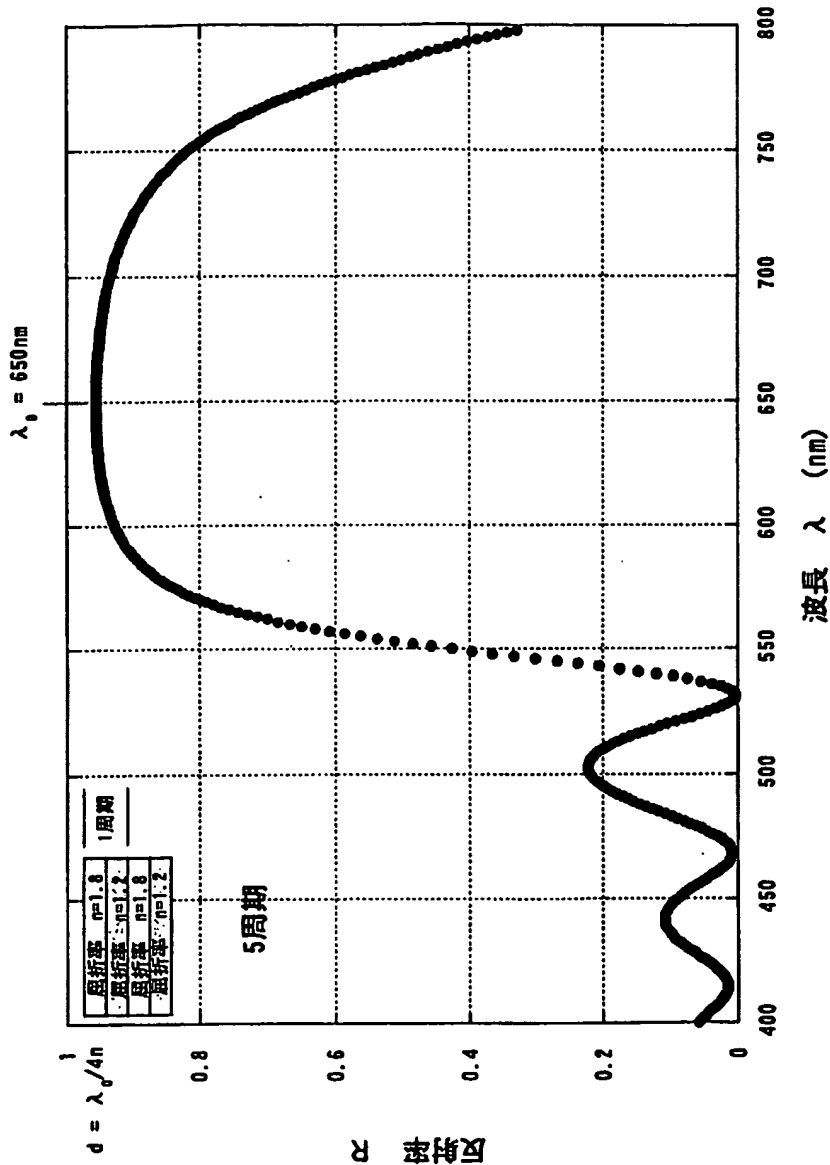
## 第 8 0 図



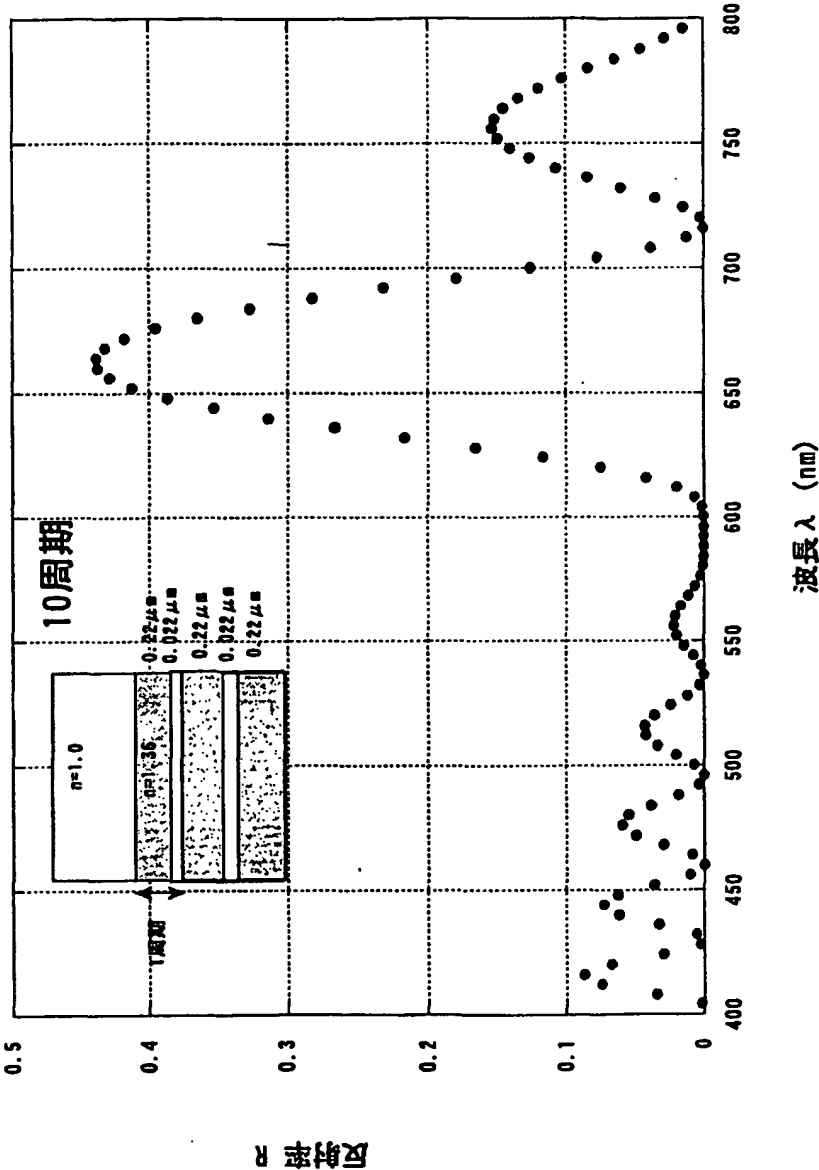
## 第 8 1 図



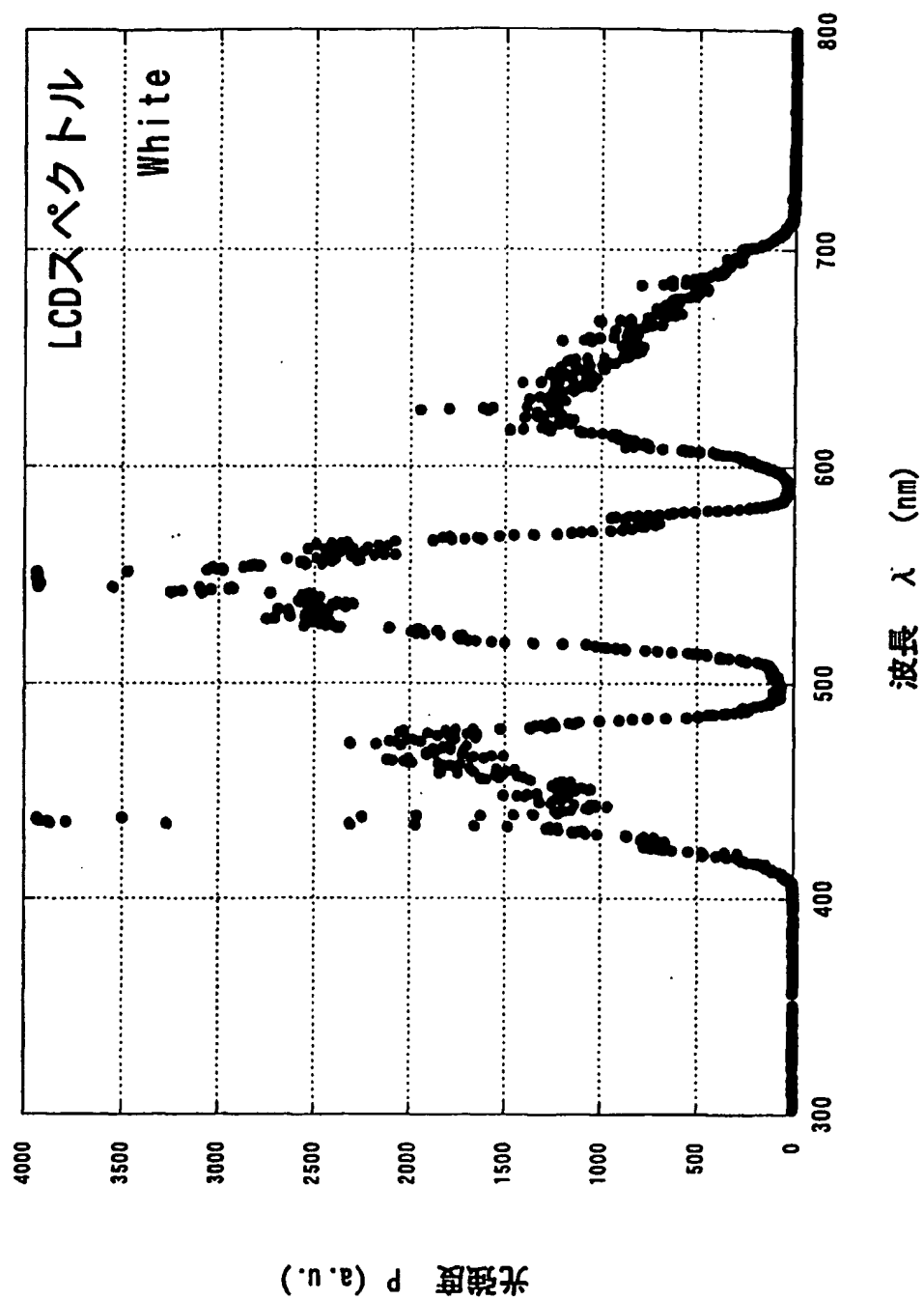
第82図



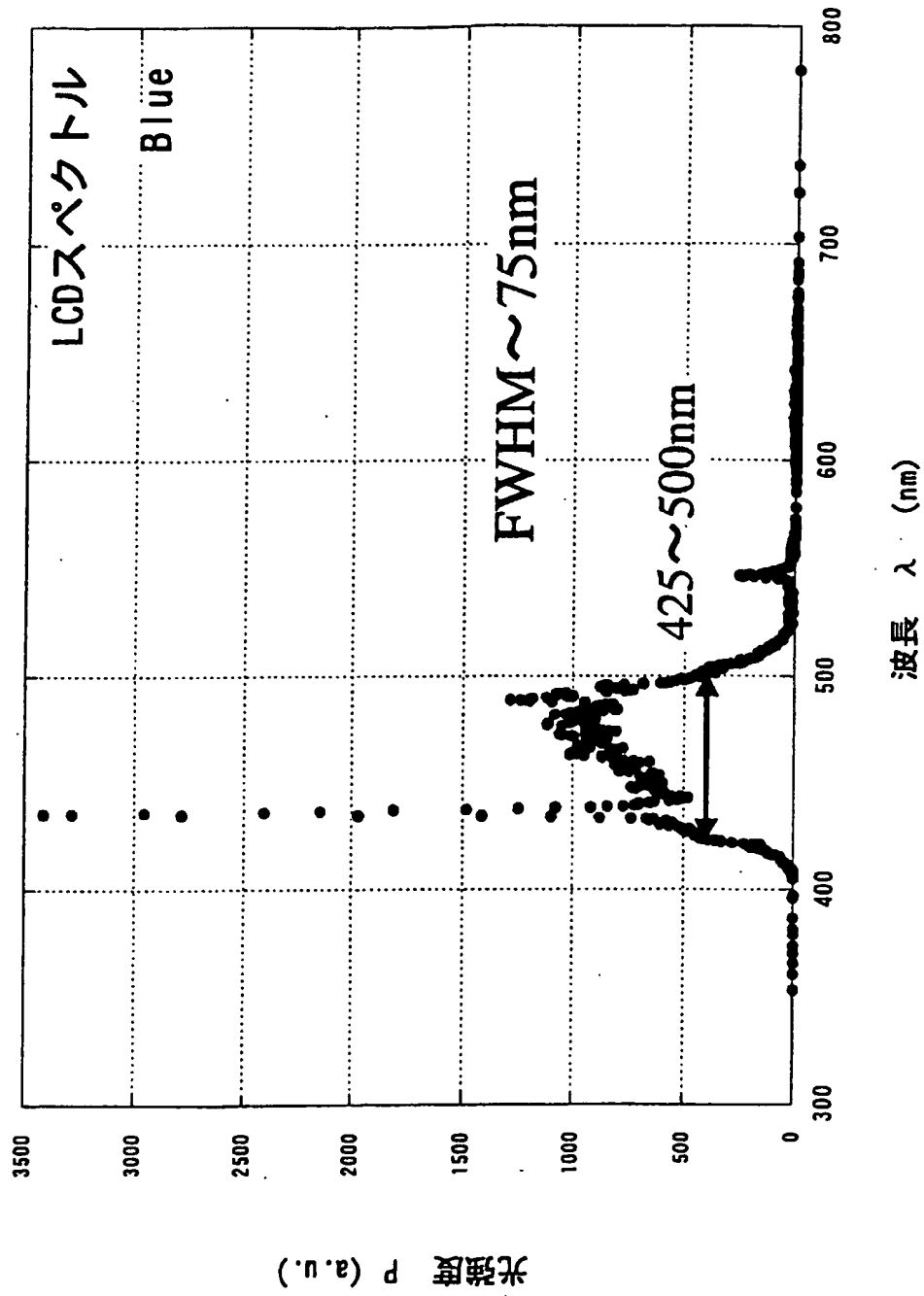
第 8 3 図



第 8 4 図

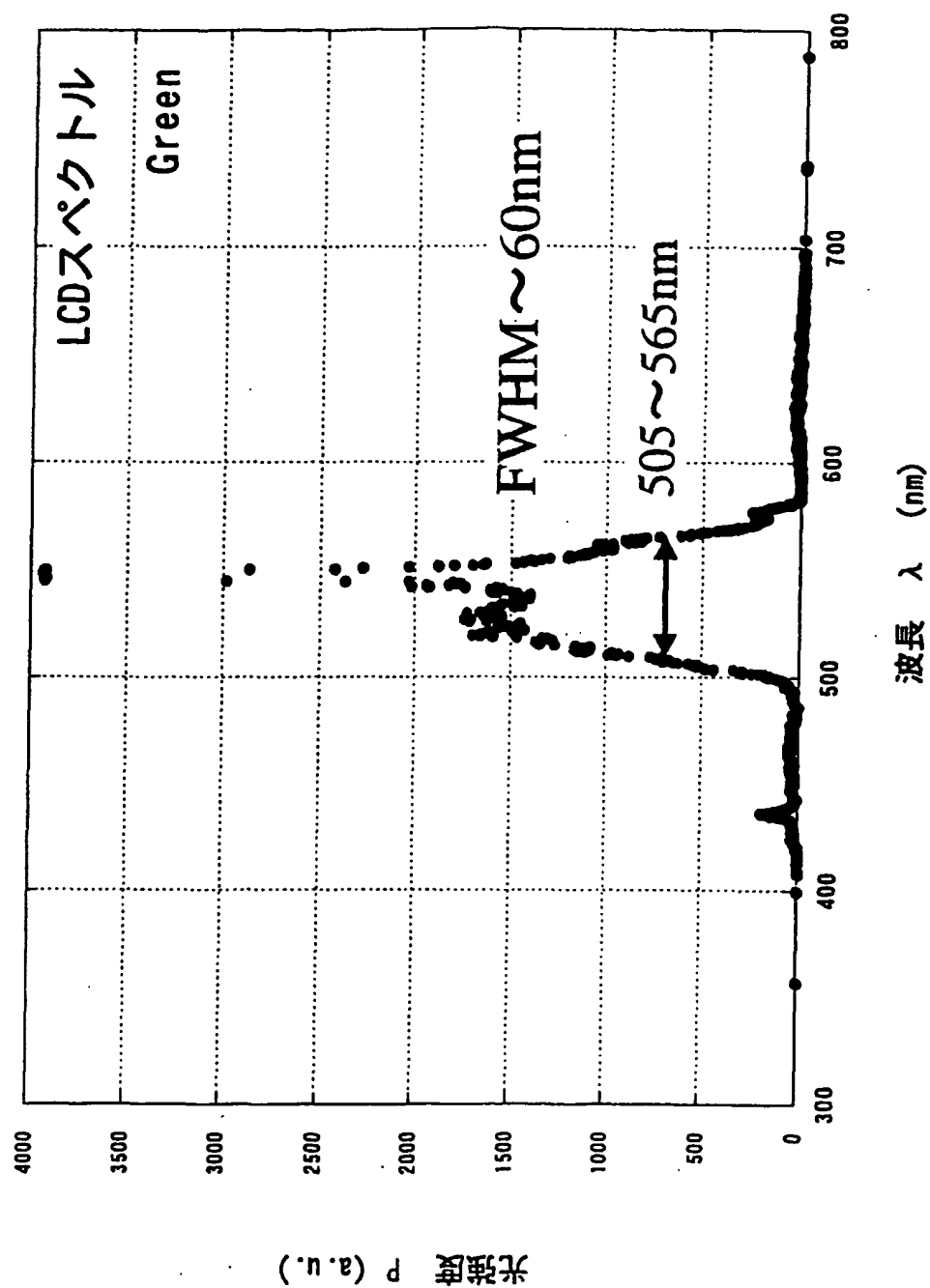


第85図

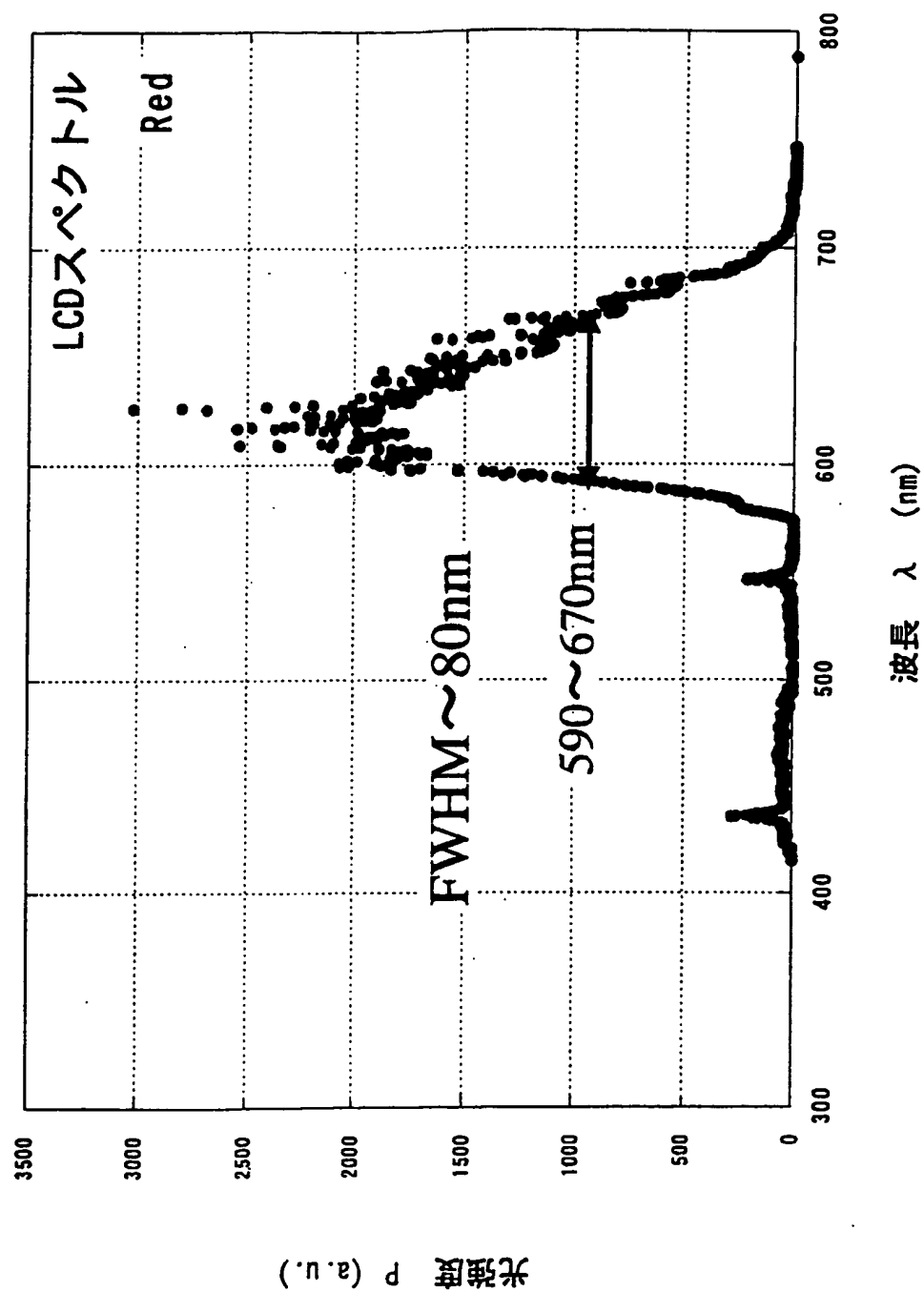




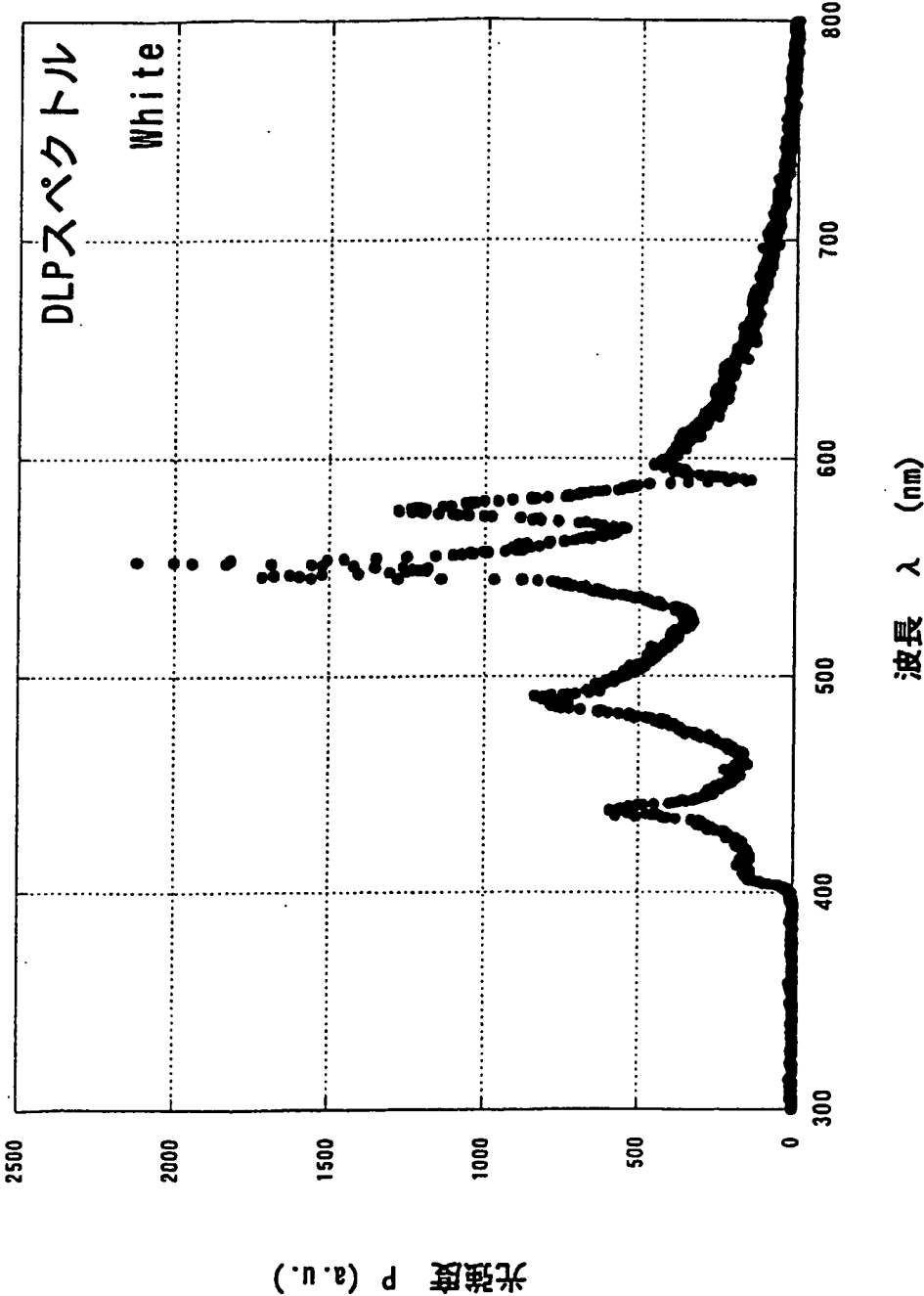
第86図



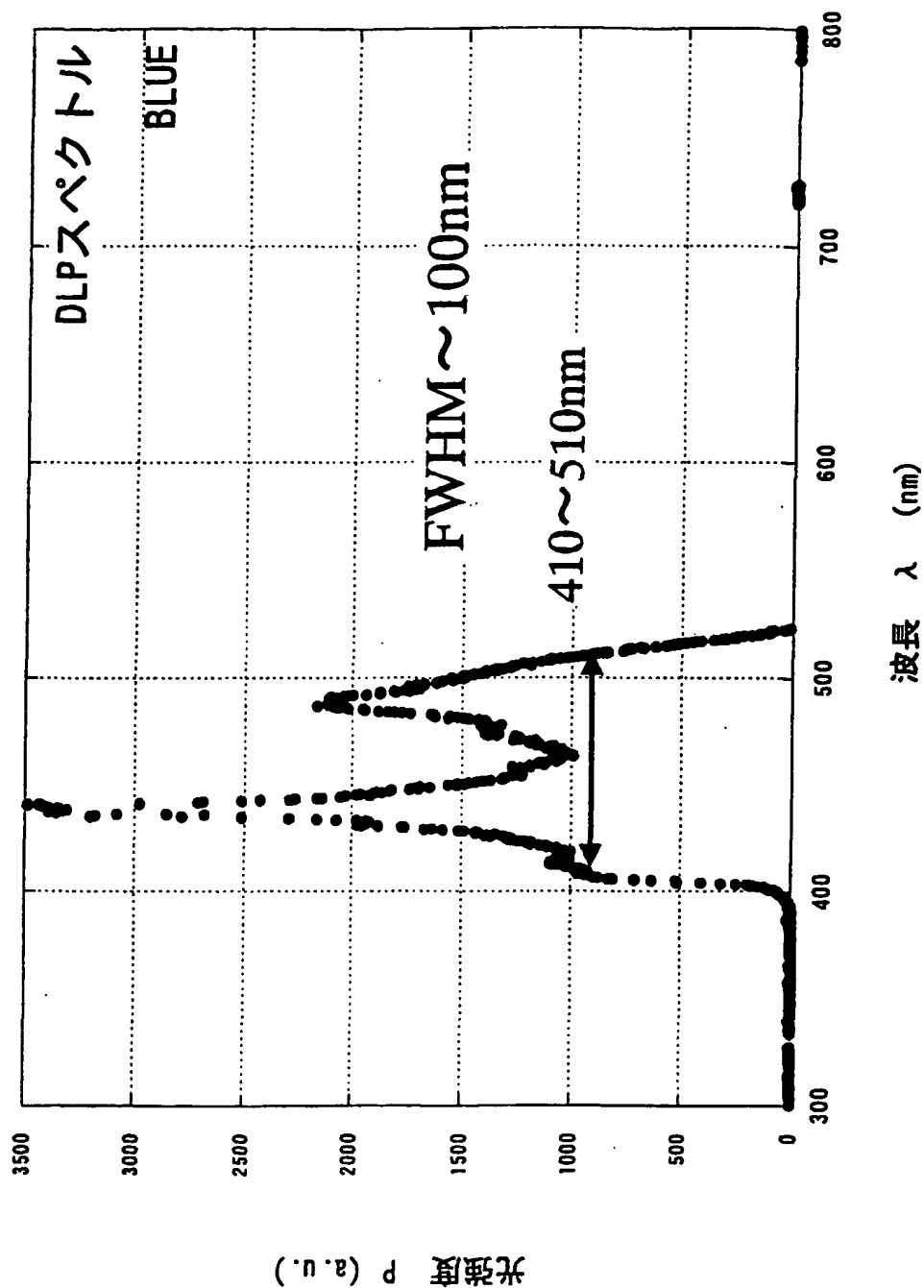
第87図



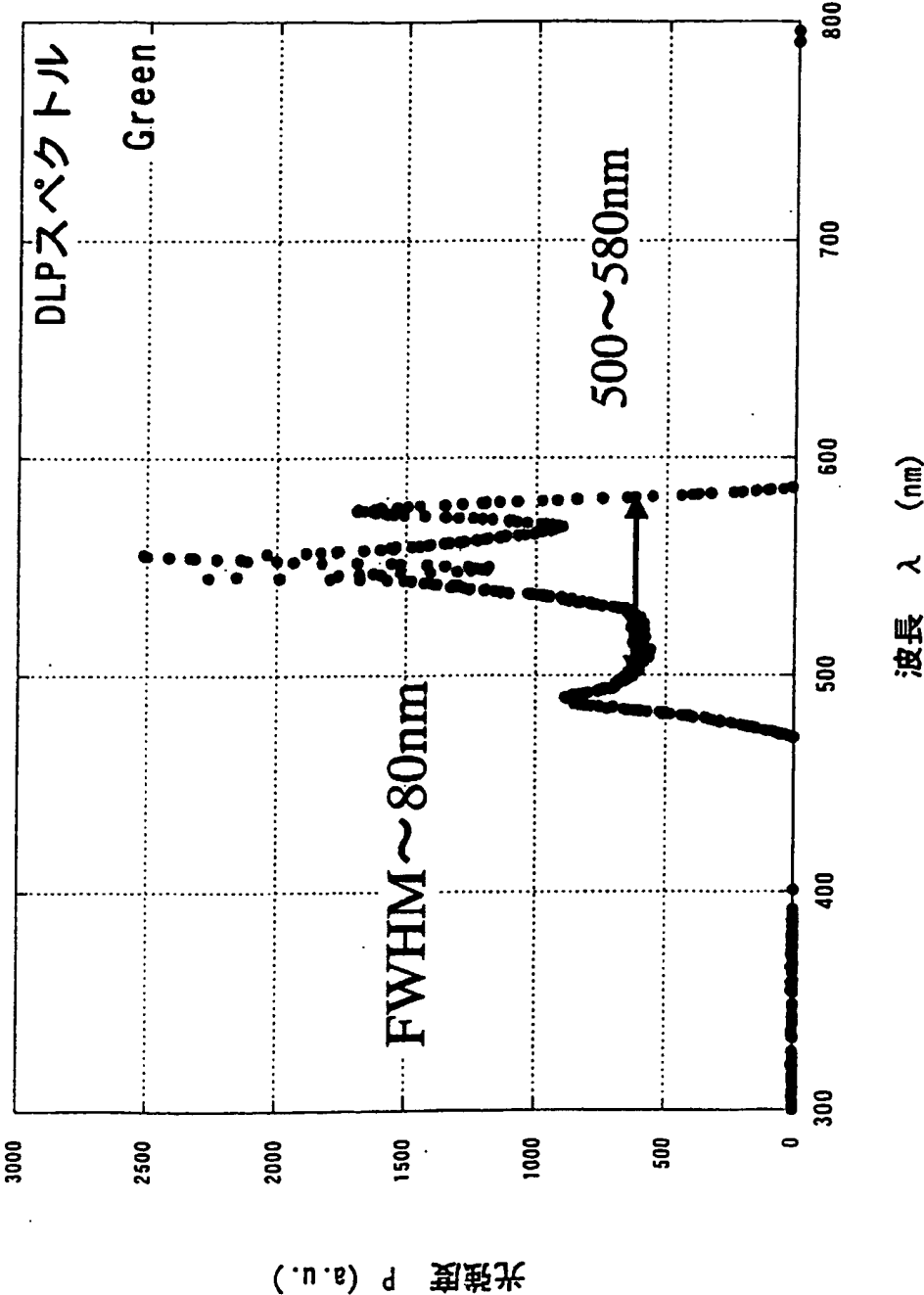
第 8 8 図



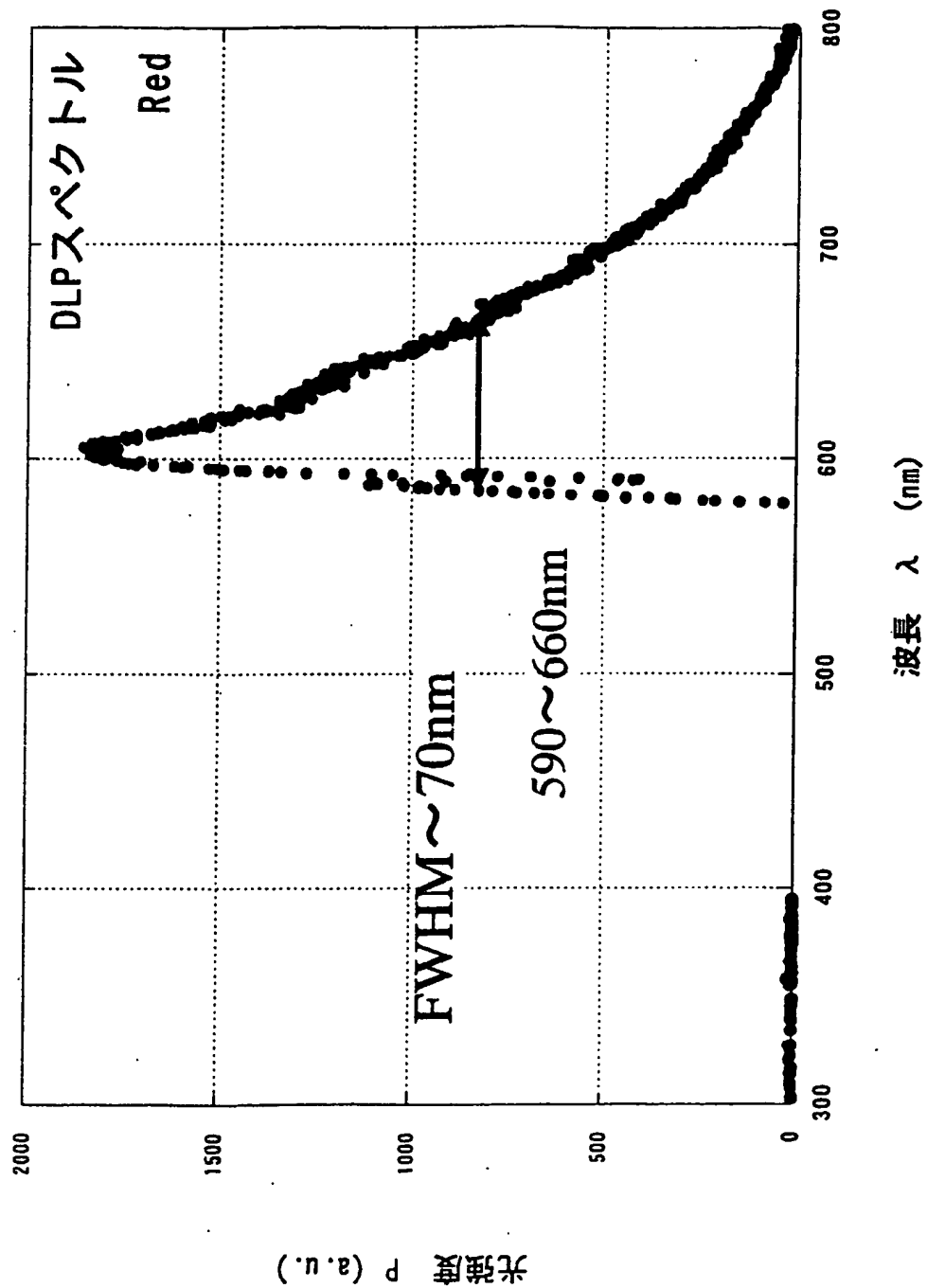
第89図



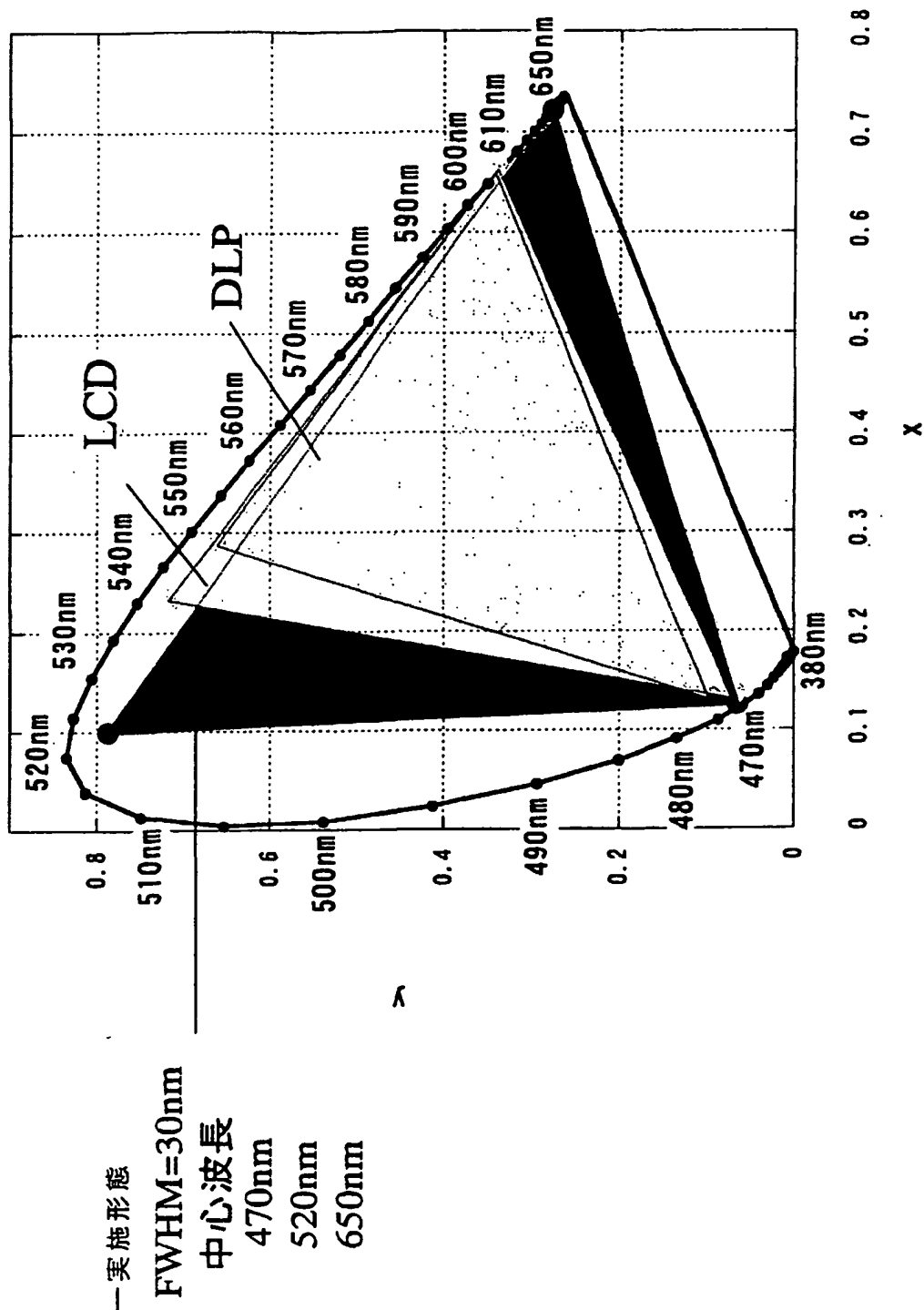
第90図



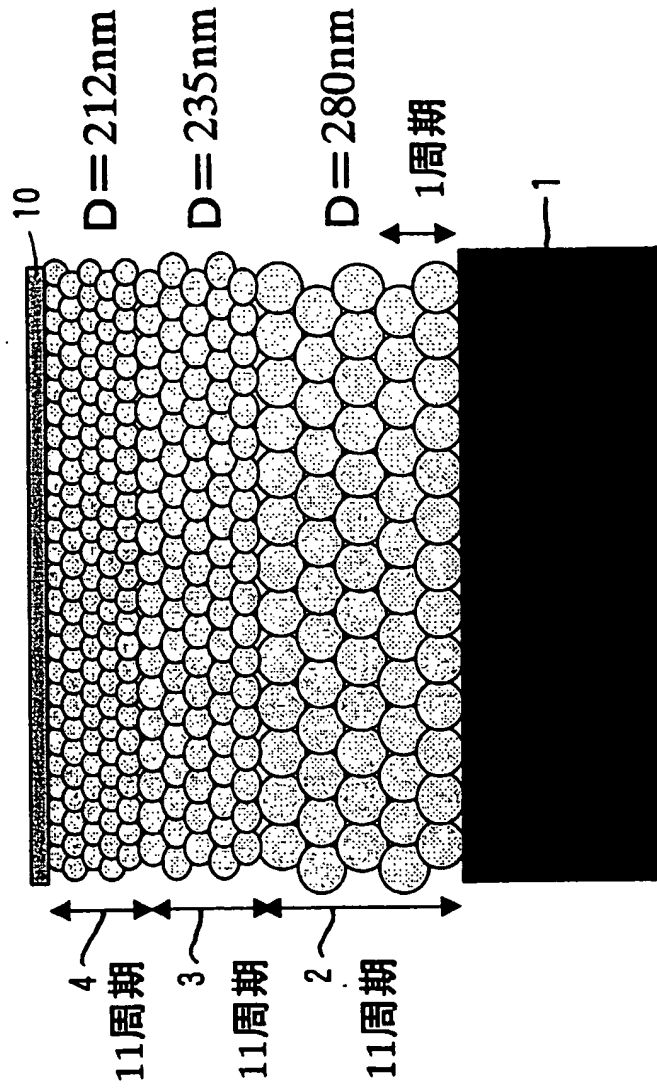
第91図



第92図

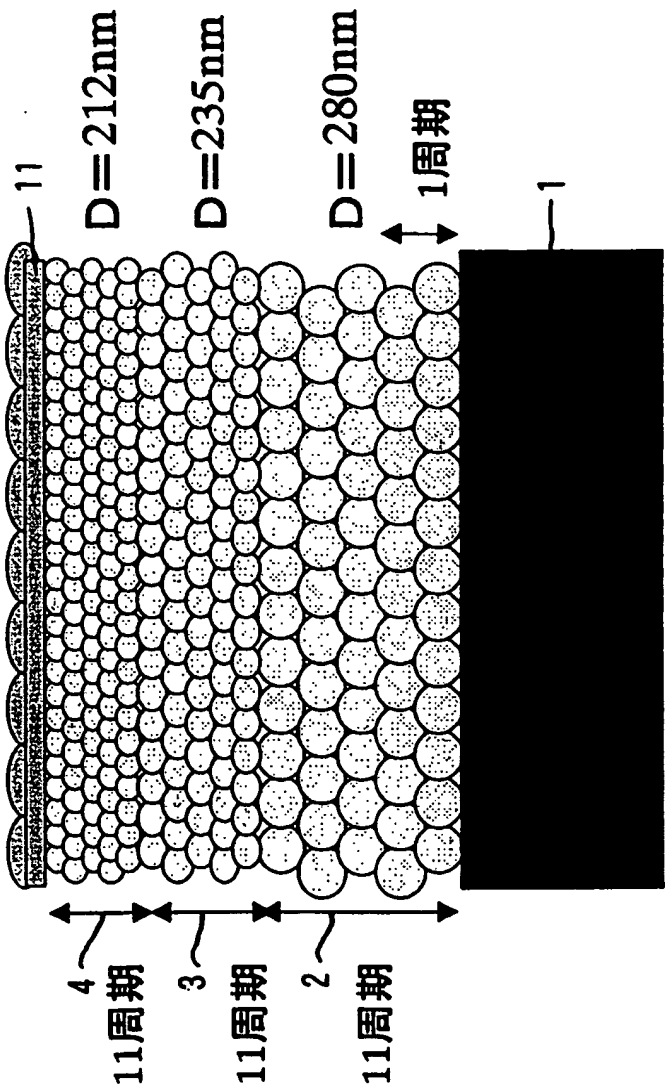


第93図

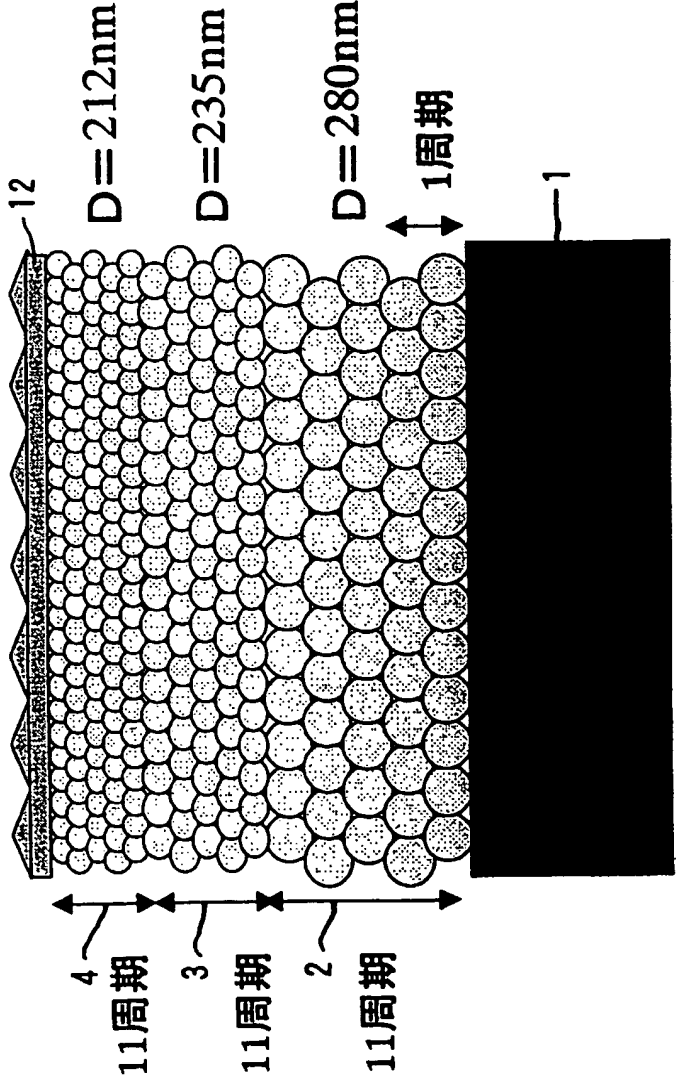




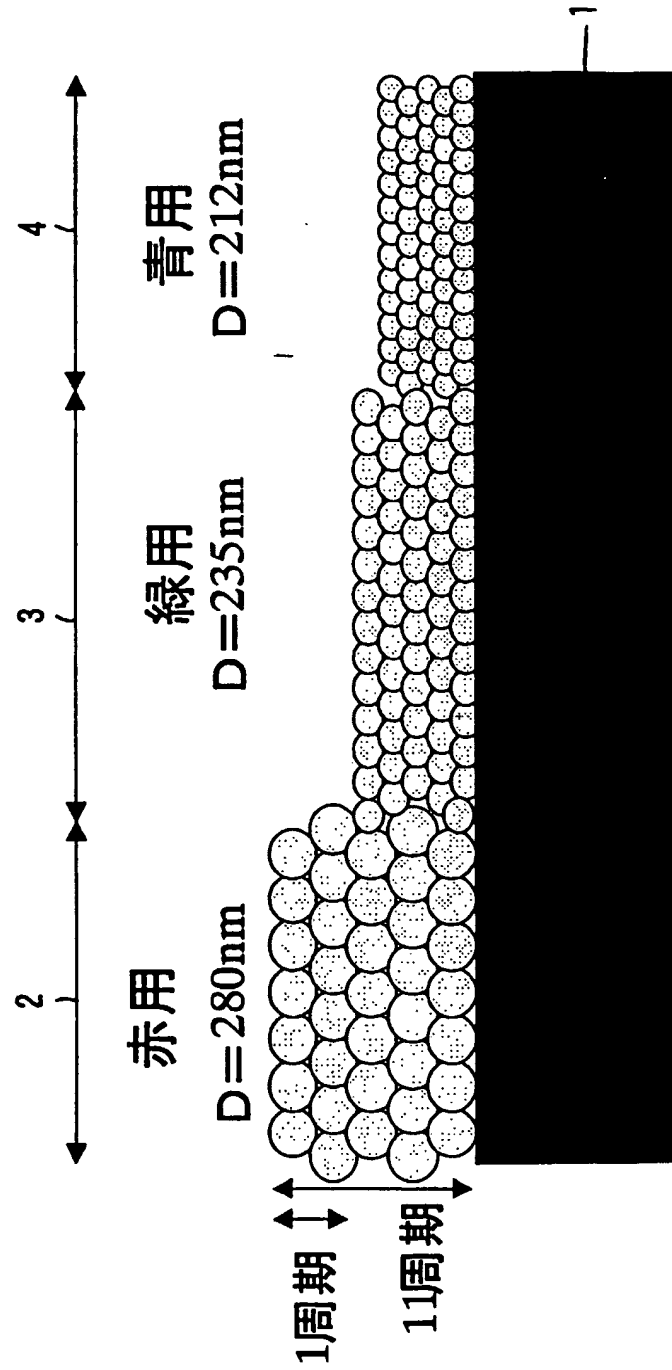
第94図



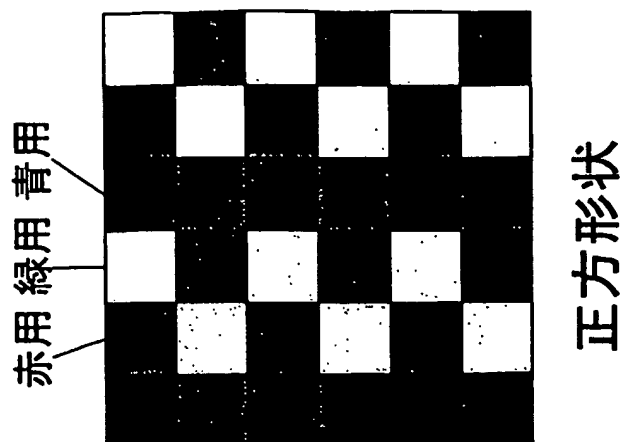
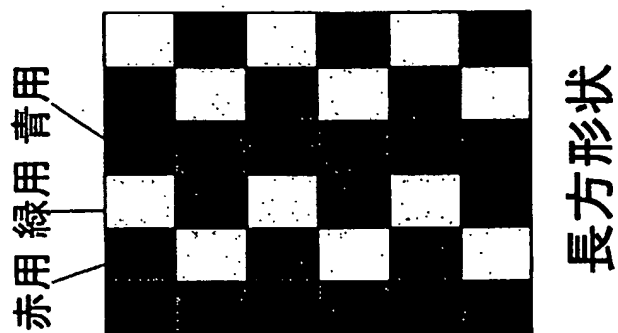
第95図



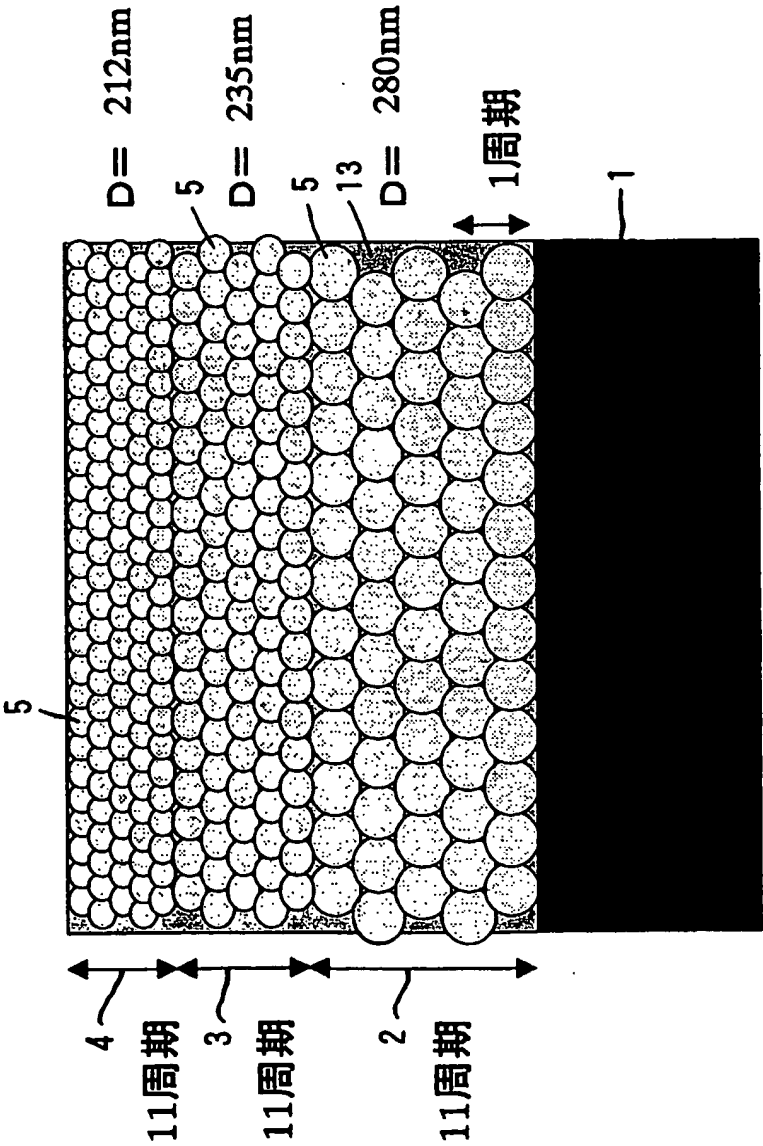
第96図



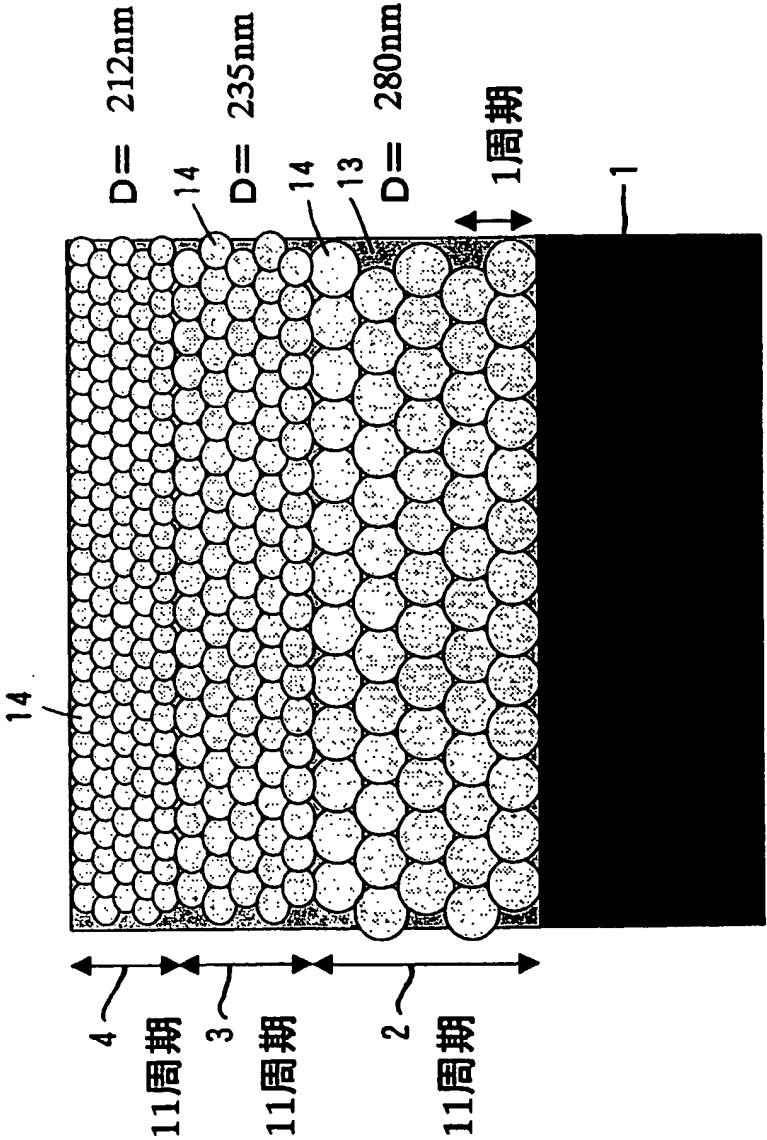
## 第97図A 第97図B 第97図C



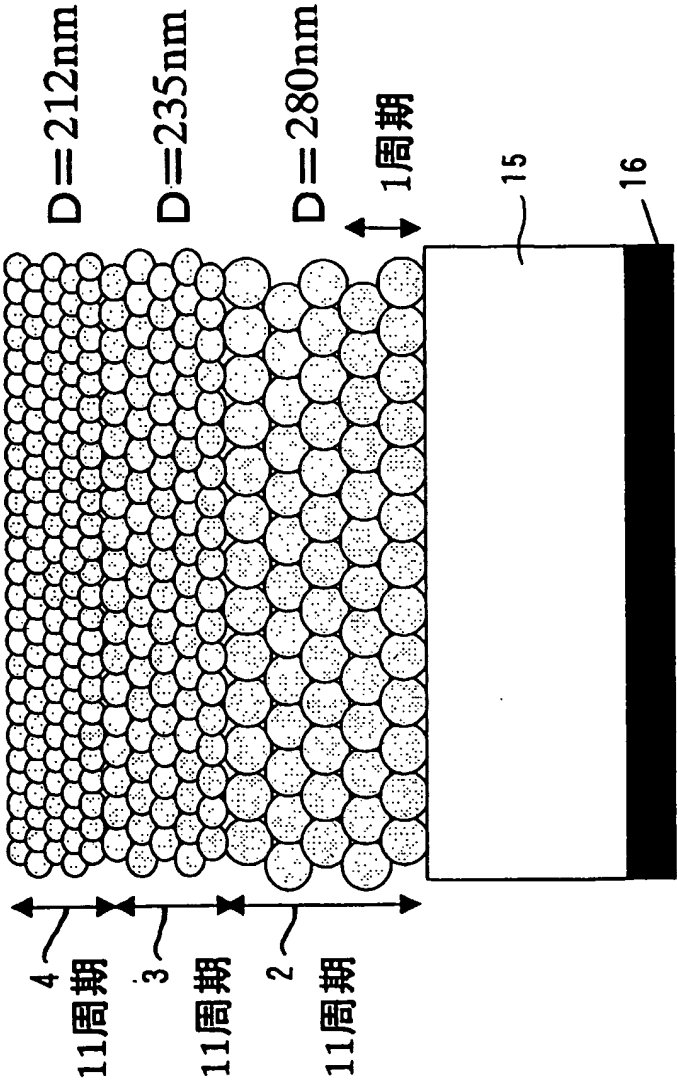
第 9 8 図



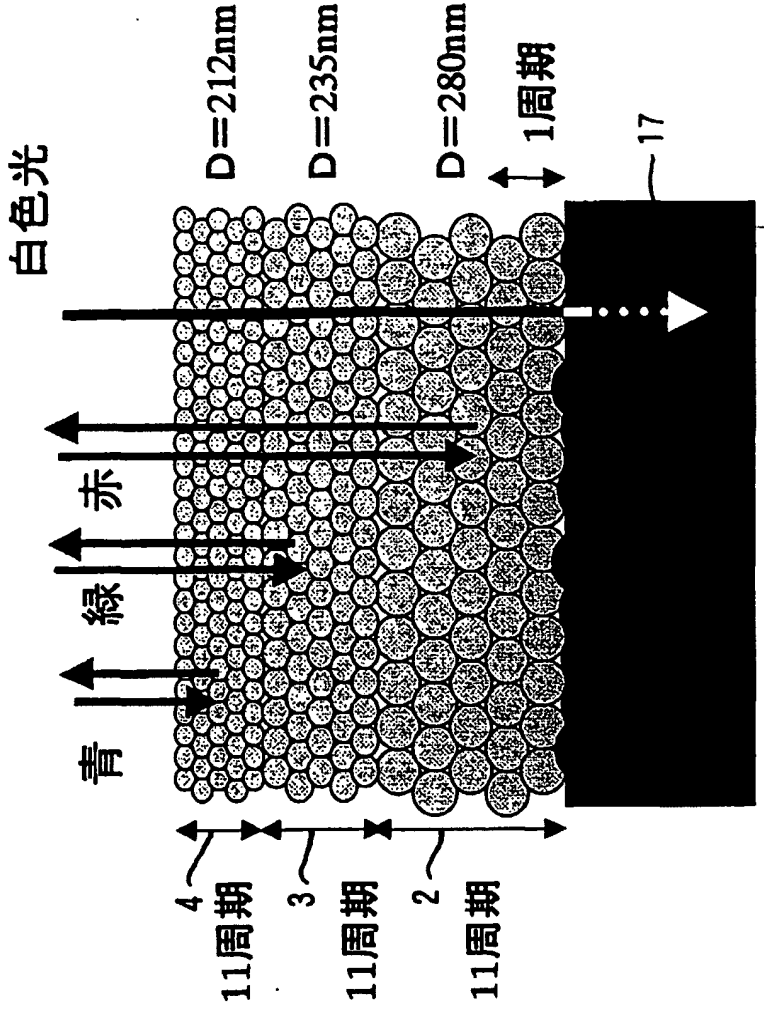
第 9 9 図



第100図

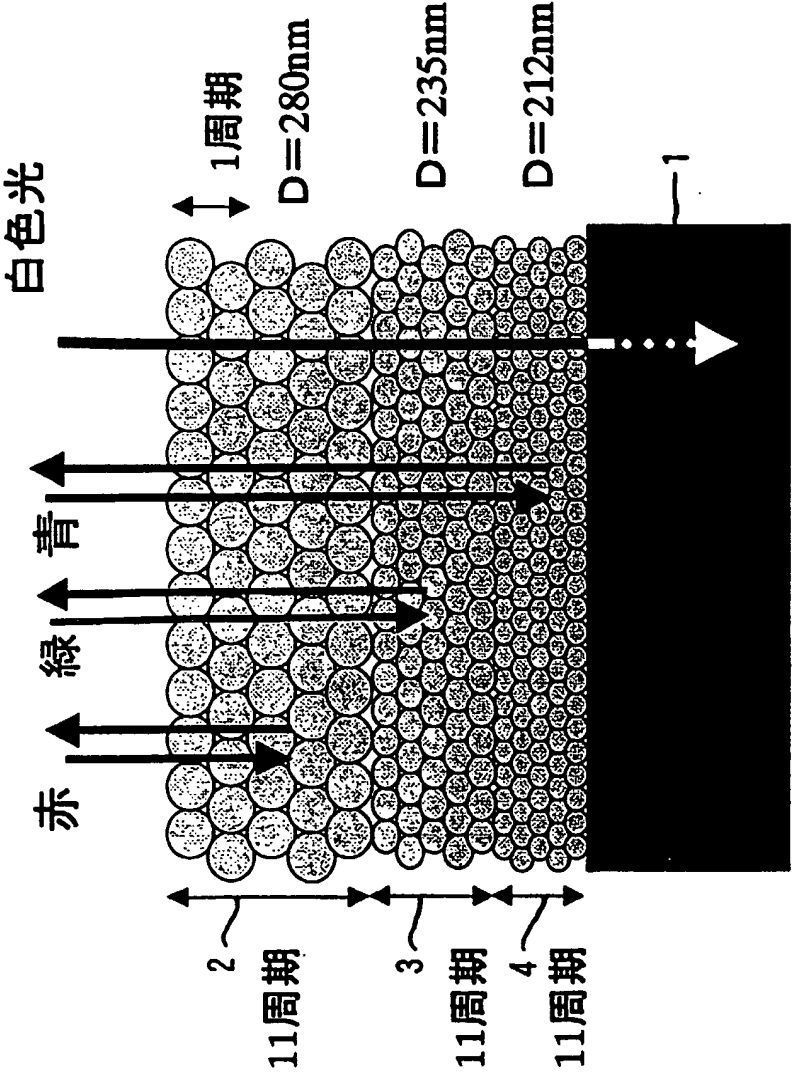


第101図

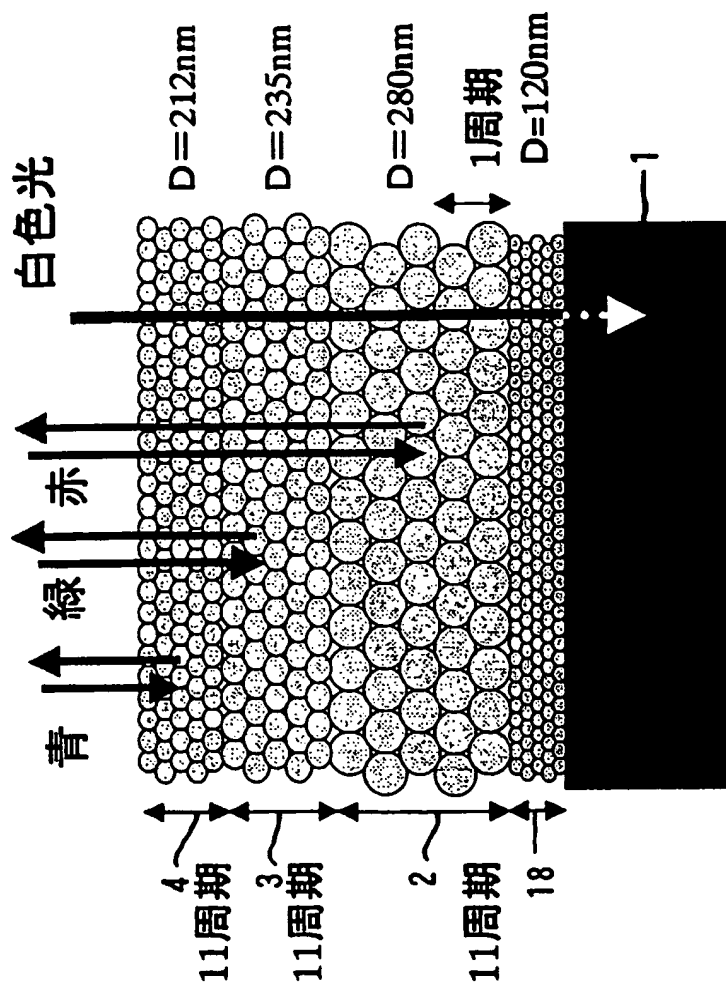




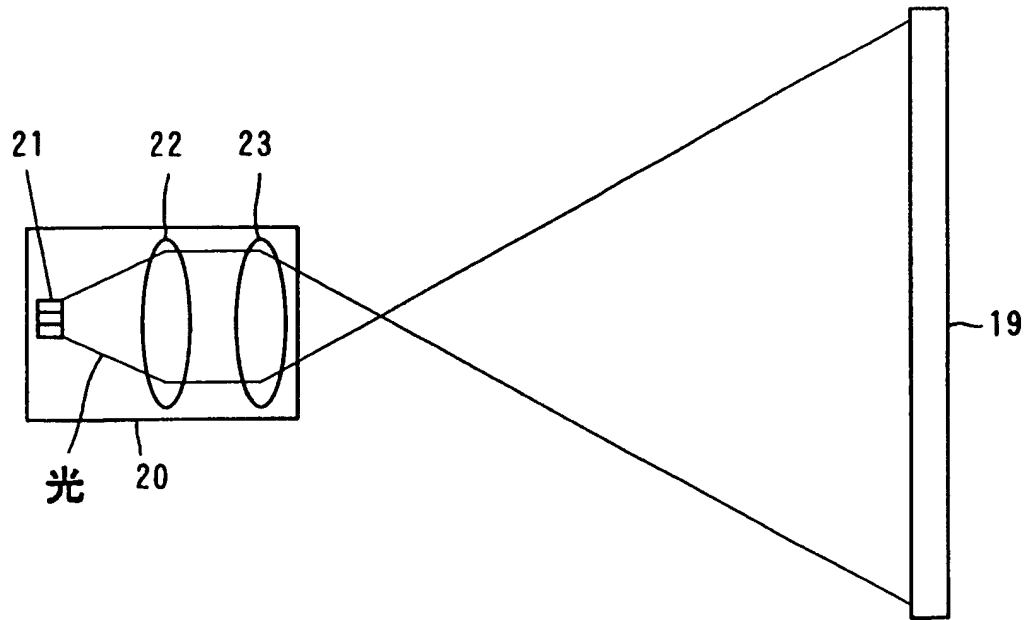
第102図



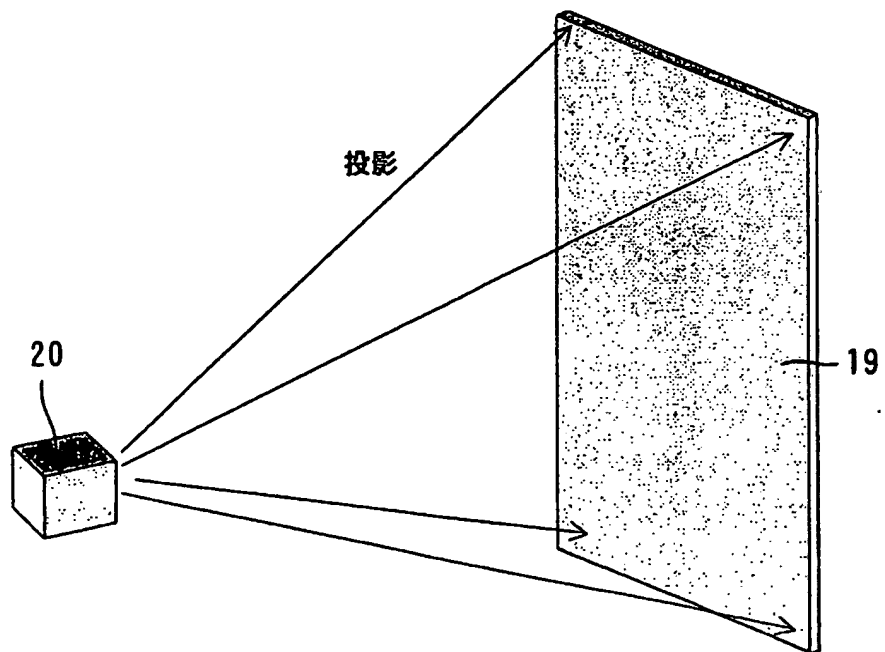
## 第103図



第 1 0 4 図



第 1 0 5 図



## 符号の説明

1	基板
2 ～ 4	微粒子層
5	微粒子
1 0	拡散フィルム
1 1	マイクロレンズフィルム
1 2	マイクロプリズムフィルム
1 3	バインダー
1 4	空洞
1 5	透明基板
1 6	吸収層
1 7	P E Tフィルム
1 8	バッファ層
1 9	スクリーン
2 0	プロジェクター
2 1	光源

## **USPTO Announces New Private PAIR Feature: Outgoing Correspondence Notification**

The United States Patent and Trademark Office (USPTO or Office) is pleased to announce a new feature in **Private PAIR: Outgoing Correspondence Notification**. The Outgoing Correspondence Notification feature allows customers to view a list of outgoing USPTO correspondence, such as examiner Office Actions, Notices of Allowance, etc., when they access this feature in Private PAIR. Each entry on this list includes the Application Number, the mailing date and a description of the document.

Private PAIR allows independent inventors, registered patent attorneys, and patent agents the ability to access real-time status of their pending patent applications; in order to gain this access, customer need to obtain Customer Numbers and a PKI Digital Certificate (see below for additional information). PAIR provides Internet-based access to patent application status, application documents and history information using Public Key Infrastructure (PKI) security technology.



### **Benefits of Outgoing Correspondence Notification**

Private PAIR with Outgoing Correspondence Notification offers customers the following benefits:


- Customers can update their dockets to anticipate the arrival of correspondence.
- Outgoing Correspondence Notification reduces the chance of missed response dates due to delayed mail or non-receipt of mail.
- For documents available in USPTO's Image File Wrapper (IFW), customers can view, print, and store an electronic image of the document.

### **Registering for Private PAIR**

To register for Private PAIR, customers must first obtain the essential identification materials:

1. Customer Number  
 Unique number associated with a correspondence address, practitioner(s) of record, and/or fee address of the filer.
2. Public Key Infrastructure (PKI) Certificate  
 Unique profile (created using security software) associated with a single registered practitioner or an independent inventor not retaining counsel.

Once the Customer Number and PKI Certificate have been obtained, customers must:

3. Associate Current Patent Applications with the Customer Number  
 Customers must associate current patent applications with their new customer number.

The required forms and instructions on registering for Private PAIR are available on the USPTO Internet's PAIR New Users Page: <http://www.uspto.gov/ebc/digitalcert.htm>.

### How to use the Outgoing Correspondence Notification Feature

Once customers are registered for PAIR and have their applications associated with their customer number, they can:

- Select Outgoing Correspondence Notification from the main Private PAIR page.

Search results will include:

- Application Number
- Patent Number
- Mailing Date
- Document Description

For those applications where IFW content is available, the "Document Description" will be underlined and provide a link to view the correspondence image. Customers will be able to view and download the correspondence image from IFW.

3 Outgoing Correspondence Notification(s) Found for Customer Number: 59			
Application No.	Patent No.	Mailing Date	Document Description
<u>00/000,001</u>	-	07-05-2003	Non final rejection mailed
<u>00/000,002</u>	-	08-01-2003	Mail Notice of Allowance
<u>00/000,003</u>	-	08-01-2003	Mail Advisory Action (PTOL - 303)

Result sorted by Mailing Date

Note: This data is simulated for training purposes only.

### Contact Information

The Patent Electronic Business Center (EBC) is a complete customer service center that supports all Patent e-business products and service applications. EBC representatives can be reached at 703-305-3028 or toll free at 866-217-9197 between the hours of 6 a.m. and midnight Monday through Friday EST, or by e-mail at: [ebc@uspto.gov](mailto:ebc@uspto.gov). Additional information is available on the Patent EBC Web site at: <http://www.uspto.gov/ebc/index.html>.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**